

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Année Scolaire 1924-1925 N° 58

TRAVAIL DU LABORATOIRE DE L'INSTITUT D'HYDROLOGIE DE LYON

CONTRIBUTION à l'ÉTUDE
D'UNE
EAU MINÉRALE RADIOACTIVE

La Source des Romains
de SAIL-les-BAINS

(Étude physique, bactériologique et expérimentale)

THÈSE

PRÉSENTÉE

à la FACULTÉ de MÉDECINE et de PHARMACIE de LYON

et soutenue publiquement le 18 Décembre 1924

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

Raymond BOLZINGER

Diplômé d'Hygiène et de Microbiologie de l'Université de Lyon

né à SAINT-AGNAN (Moselle) le 21 Avril 1901



LYON

Imprimerie BOSC Frères & RIOU

42, Quai Gailleton, 42

Téléphone 63-56

1924

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE
D'UNE EAU MINÉRALE RADIOACTIVE
LA SOURCE DES ROMAINS DE SAIL-LES-BAINS

(Etude physique, bactériologique et expérimentale)



Digitized by the Internet Archive
in 2026

TRAVAIL DU LABORATOIRE DE L'INSTITUT D'HYDROLOGIE DE LYON

CONTRIBUTION à l'ÉTUDE
D'UNE
EAU MINÉRALE RADIOACTIVE

La Source des Romains
de SAIL-les-BAINS

(Etude physique, bactériologique et expérimentale)

THÈSE

PRÉSENTÉE

à la FACULTÉ de MÉDECINE et de PHARMACIE de LYON

et soutenue publiquement le 18 Décembre 1924

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

Raymond BOLZINGER

Diplômé d'Hygiène et de Microbiologie de l'Université de Lyon

né à SAINT-AGNAN (Moselle) le 21 Avril 1901



LYON

Imprimerie BOSC Frères & RIOU

42, Quai Gailleton, 42

Téléphone 63-56

1924

PERSONNEL DE LA FACULTÉ

Doyen honoraire	M. H. HUGOUNENQ
Doyen	M. J. LEPINE.
Assesseur	M. ROQUE.

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. AUGAGNEUR, CAZENEUVE, BEAUVISAGE,
TESTUT, FLORENCE (A.), TEISSIER.

PROFESSEURS

Cliniques médicales	MM. BARD.
Cliniques chirurgicales	ROQUE.
	TIXIER.
	BERARD.
Clinique obstétricale et Accouchements.....	COMMANDEUR.
Clinique ophtalmologique	ROLLET.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques.....	NICOLAS.
Clinique neurologique et psychiatrique.....	LEPINE (J.).
Clinique des maladies des enfants.....	WEIL.
Clinique des maladies des femmes.....	VILLARD.
Clinique d'oto-rhino-laryngologie	LANNOIS.
Clinique des maladies des voies urinaires.....	ROCHET.
Clinique chirurgicale, infantile et orthopédie.....	NOVE-JOSSERAND.
Physique biologique, Radiologie et Physiothérapie.....	CLUZET.
Chimie biologique et médicale.....	MOREL.
Chimie organique et Toxicologie.....	HUGOUNENQ.
Matière médicale et Botanique.....	BRETIN.
Parasitologie et Histoire naturelle médicale.....	GUIART.
Anatomie	LATARJET.
Histologie	POLICARD.
Physiologie	DOYON.
Pathologie Interne	COLLET.
Pathologie et Thérapeutiques générales.....	MOURIQUAND.
Anatomie pathologique	PAVIOT.
Médecine expérimentale et comparée et bactériologie.....	ARLOING (F.).
Médecine légale	Etienne MARTIN.
Hygiène	COURMONT (P.).
Thérapeutique, Hydologie et Climatologie.....	PIC.
Pharmacologie	X.

PROFESSEURS TITULAIRES SANS CHAIRE

Chargé d'un cours de	Pathologie externe.....	MM. VALLAS.
—	Propédeutique de gynécologie.....	CONDAMIN.
—	Chimie minérale	BARRAL.
—	Urologie	GAYET.

CHARGES DE COURS COMPLEMENTAIRES

Anatomie topographique	MM. PATEL.
Orthopédie	LAROYENNE.
Puériculture et hygiène de la première enfance.....	CHATIN.
Chirurgie expérimentale	X.
Stomatologie	TELLIER.

AGREGES

MM.	MM.	MM.	MM.
NOGIER.	COTTE.	CORDIER (V.).	MAZEL.
THEVENOT (Léon)	DUROUX.	ROUBIER.	SANTY.
GARIN.	TRILLAT.	FAVRE.	DUNET.
SAVY.	SARVONAT.	BONNET.	CHALIER (André).
FROMENT.	FLORENCE (G.).	RHENTER.	CHALIER (Joseph).
THEVENOT (Lucien).	ROCHAIX.	LEULIER.	NOEL.
PIERY.			CORDIER (Pierre).

M. BAYLE, secrétaire.

EXAMINATEURS DE LA THÈSE

MM. PIC, président ; SAVY, assesseur ;

PIÉRY et FAVRE, agrégés.

La Faculté de médecine de Lyon déclare que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation.

A MON PÈRE

A MA MÈRE

Aujourd'hui comme toujours, nos plus chères pensées vont à ceux à qui nous devons tout. Avec émotion, nous leur offrons ce modeste travail en gage d'amour filial et d'infinie reconnaissance. Que la volonté de suivre l'exemple de leur vie de travail et de droiture soit toujours pour nous la plus impérieuse des lois.

A TOUS LES MIENS

A MES AMIS

A NOTRE PRÉSIDENT DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR PIC

*Professeur de Thérapeutique, de Climatologie et d'Hydrologie
à la Faculté de Médecine de Lyon
Médecin des Hôpitaux
Chevalier de la Légion d'Honneur*

Nous le remercions très respectueusement pour le grand honneur qu'il nous a fait en acceptant la présidence de notre thèse.

A MONSIEUR LE DOCTEUR PIERY

Professeur Agrégé

Chevalier de la Légion d'Honneur

Il nous a inspiré ce travail et nous a éclairé de ses précieux conseils.

Qu'il trouve ici l'expression de notre profonde reconnaissance.

A MONSIEUR LE DOCTEUR NOGIER

*Professeur Agrégé
Chevalier de la Légion d'Honneur*

Nous le remercions de l'accueil toujours bienveillant qu'il nous a fait à son Laboratoire et des conseils qu'il nous a prodigués dans l'accomplissement de ce travail.

A MONSIEUR LE DOCTEUR MILHAUD

*Chef de Laboratoire de Thérapeutique
à la Faculté de Médecine de Lyon*

Nous lui sommes reconnaissant d'avoir bien voulu nous initier à la technique expérimentale et de nous avoir aidé à la réalisation de nos expériences. Les heures passées avec lui au Laboratoire restent pour nous un des plus agréables souvenirs de notre séjour à la Faculté de Lyon.

A MES MAITRES

DES FACULTÉS DE MÉDECINE ET DES HOPITAUX
DE STRASBOURG ET DE LYON

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE
D'UNE EAU MINÉRALE RADIOACTIVE
LA SOURCE DES ROMAINS DE SAIL-LES-BAINS

(Etude physique, bactériologique et expérimentale)

AVANT - PROPOS

Le 8 juillet 1924, la Faculté de Médecine de Lyon organisa sous la direction de M. le Professeur agrégé Piéry, un voyage d'études à travers les nombreuses stations thermales dont le Bourbonnais est si abondamment doté.

Nous eûmes l'heureuse fortune d'apprécier ainsi, au cours de cette vivante leçon de choses, et sous la compétente autorité du maître, ces sources, précieux joyaux, auxquels nos provinces forment un incomparable écrin.

Voir notre patrie si riche et si belle, c'était pour nous revivre un peu les jours heureux, où l'armistice marqua le retour de notre pays natal au sein de la mère patrie. Par le sacrifice de nos héros, vers qui monte aujourd'hui notre reconnaissance infinie, nous pûmes vivre un rêve que n'ont pas vécu nos pères : faire à Strasbourg nos études sous la direction de maîtres français.

Trop longtemps nous avons vu s'étaler à nos yeux, l'orgueil germanique qui, cherchant à s'imposer dans tous les domaines, avait voulu par un paroxysme de vanité ambitieuse, revendiquer pour les stations allemandes le monopole de la crénothérapie.

Mais le fait que les Gallo-Romains avaient déjà su découvrir, sur le sol de France, d'innombrables sources bienfaisantes autant que renommées, suffisait seul déjà à nous prouver que le domaine thermal de cette patrie, à laquelle nous avons été brutalement arraché, était d'une valeur curative supérieure et dont ne pouvaient nous faire douter les calomnies de nos maîtres d'alors.

Si, à la vérité, les exploitations thermales françaises ne jouissaient pas toujours du confort, qui faisait pour une part le succès de leurs rivales, une plus haute conscience professionnelle et une plus grande probité y étaient en honneur. Alors que les sources thermales en France, très diverses d'action physiologique et thérapeutique puisque très diverses de propriétés physico-chimiques, tendaient à se spécialiser de plus en plus, les eaux allemandes peu différenciées, étaient-elles déclarées omnipotentes. La tapageuse réclame de leurs propriétaires n'a pu cacher cette tare originelle et rédhibitoire qu'est un domaine thermal pauvre et monotone.

Aujourd'hui nous apportons notre faible contribution à la connaissance des sources françaises ; c'est qu'un peu du souffle patriotique de la victoire nous pousse à collaborer au triomphe de la vérité, c'est aussi et surtout la conviction que ces trésors thermaux, espoir de tant de malades, ne doivent pas se

perdre inutilisés dans le sol qui les livre si généreusement.

Enfin, dans le cas particulier, nous abordons un problème actuel et du plus haut intérêt, celui du mode d'action des eaux minérales radioactives.

C'est lors de ce voyage d'étude que nous connûmes la station de Sail-les-Bains et la Source des Romains, qu'une récente communication de M. le Professeur agrégé Nogier venait de proclamer la plus radioactive de France. Aussi, grande fut notre joie, lorsque après entente avec le Docteur Boiteux, médecin-consultant à Sail, M. le Professeur agrégé Piéry nous proposa d'exposer dans notre thèse inaugurale, une étude d'ensemble, en développant surtout la partie expérimentale, des propriétés de cette eau considérée comme type d'eau radioactive.

C'est au laboratoire d'hydrologie de la Faculté de Médecine de Lyon, que nous nous mîmes avec ardeur au travail, sous la direction de M. le Docteur Milhaud, chef de laboratoire. C'est lui qui nous guida dans nos recherches parfois délicates ; qu'il nous permette de lui renouveler ici l'expression de notre respectueuse gratitude.

Aussitôt nous apparut l'extrême difficulté de la tâche que nous venions d'assumer. Expérimenter loin de la source une eau radioactive, c'est en effet s'exposer à des déboires multiples ; la difficulté et l'extrême irrégularité du ravitaillement en eau, ne contribua pas à nous faciliter la tâche ; plusieurs fois nous dûmes recommencer les mêmes expériences.

De plus, l'étude des eaux minérales nécessitant parfois des recherches complexes que l'on ne peut mener à bien qu'avec un matériel et des techniques spéciales, il nous fallut recourir au concours de laboratoires voisins.

Aussi nous acquittons-nous de l'agréable devoir de remercier tous ceux qui nous ont aidé et conseillé dans l'élaboration de ce travail, de même que tous les maîtres dont nous avons suivi l'enseignement et grâce auxquels nous avons pu mener à bien nos études médicales :

M. le Professeur Pic, dont nous fûmes l'élève, et qui a bien voulu nous autoriser à travailler au laboratoire d'hydrologie ;

M. le Professeur agrégé Piéry, qui, par son enseignement, sut nous faire aimer la science hydrologique et qui voulut bien diriger nos recherches ;

M. le Professeur agrégé Nogier, dont les conseils nous furent précieux dans la rédaction de la partie physique de notre travail ;

M. le Professeur agrégé Rochaix, qui a bien voulu se charger de la partie bactériologique ; et qui, dans nos études d'hygiène, fut pour nous un maître bienveillant ;

M. le Professeur Cluzet, qui nous permit d'utiliser les ressources du laboratoire de physique médicale ; ses collaborateurs, MM. les Docteurs Chevallier et Kofman, qui nous prêtèrent une aide précieuse ;

M. le Docteur Doubrow et M. le Docteur Bernheim, auxquels nous devons les examens histologiques ;

M. Louis, directeur du service photographique de l'Université, grâce à qui nous avons réalisé, dans les meilleures conditions, nos expériences photographiques ;

M. le Docteur Boiteux, médecin consultant à Sail, qui s'est bien vivement intéressé à nos recherches et auquel nous sommes redevables d'indications intéressantes sur Sail ;

M. Furer, directeur de l'Etablissement thermal, qui se mit aimablement à notre disposition pour nous faire parvenir les envois d'eau des Romains.

INTRODUCTION

Il est incontestable qu'au point de vue hydrologique, ce qui importe avant tout au médecin, c'est la connaissance des effets thérapeutiques observés en clinique thermale. Toutefois, l'observation séculaire, sur laquelle repose encore actuellement la plupart de nos conceptions sur l'action curative des eaux minérales, n'apporte le plus souvent qu'une explication insuffisante des effets enregistrés.

Dans ces conditions, les tentatives concernant l'étude de l'action expérimentale des eaux minérales, de leurs propriétés physiques et chimiques ne sauraient laisser indifférent le médecin hydrologue. Les résultats obtenus au cours des recherches biologiques et physico-chimiques étaient susceptibles de fournir, une base scientifique à l'hydrologie thérapeutique, et à restreindre de plus en plus l'emprise de l'empirisme.

C'est ainsi que la notion toute récente de la radio-activité des eaux thermales apporte une explication féconde de l'action exercée par certaines eaux dont la composition chimique insuffisante éclairait mal l'efficacité thérapeutique.

De plus la valeur de cette notion se trouvait considérablement accrue du fait que devant les progrès incessants de la radiothérapie d'une part, d'autre part devant l'impossibilité de trouver sur terre une quantité de radium assez grande pour pouvoir en appliquer une partie à la thérapeutique interne, les sources radioactives prendraient avant longtemps une importance pratique des plus intéressantes.

C'est une eau radioactive que nous nous proposons d'étudier dans notre travail. Nous avons pris pour type, la Source des Romains de Sail-les-Bains, qu'une récente publication de M. le Professeur agrégé Nogier proclamait la plus radioactive de France. Par sa proximité de Lyon, elle nous permettait de plus des conditions d'expérimentation suffisamment favorables.

Comme pour toute autre médicament et selon le vœu de Bardet, nous envisagerons pour l'eau des Romains, une étude faite d'après les habitudes ordinaires de la pharmacologie, c'est-à-dire que nous étudierons successivement sa pharmacognosie, sa pharmacodynamie, et sa pharmacothérapie.

La pharmacognosie comprendra l'étude des propriétés physiques et chimiques de l'eau. Nous y joindrons une étude bactériologique.

La pharmacodynamie étudiera l'action de cette eau radioactive sur l'organisme de nos animaux de laboratoire. Nous exposerons, dans ce chapitre, nos recherches faites au laboratoire d'hydrologie sur des cobayes et des lapins.

Enfin, nous résumerons, dans un dernier chapitre, les données générales de la pharmacothérapie des

eaux radioactives et les données spéciales concernant l'eau que nous venons d'étudier. Cette étude nécessitera encore des travaux ultérieurs.

Nous ferons précéder notre travail d'une revue générale sur l'historique, la situation et les différentes sources de la station thermale de Sail, à seule fin de bien situer dans son cadre, la Source des Romains, qui seule nous intéresse.

CHAPITRE PREMIER

SAIL-LES-BAINS

Son histoire. - Ses sources

Sail-les-Bains, qu'il faut distinguer de Sail-sous-Couzan, est une petite localité du département de la Loire. A faible altitude (310 m.), au pied des escarpements de la grande faille du Roannais, elle est protégée des vents de l'ouest et du sud-ouest par les Monts de la Madeleine, derniers contreforts du Forez. Cette situation lui vaut un climat régulier sans grandes oscillations thermiques et hydrométriques. Son eau minérale, très abondante, est aujourd'hui bien connue du monde médical pour ses propriétés séculaires contre les « dartres », et notamment son action absolument remarquable et probablement hors-pair contre les dermatoses inflammatoires et irritables, affections pour lesquelles la petite station s'était spécialisée jusqu'aujourd'hui.

Pour ces propriétés curatives certaines, les sources de Sail semblent avoir été connues dès la plus haute antiquité. Les tribus gauloises ont laissé des traces de leur passage. Mais ce n'est vraisemblablement que du temps des Romains que la station de Sail brilla de sa première gloire en même temps qu'elle reçut son nom d'*aquae salientes* : eaux jaillissantes. S'il convient de faire de sérieuses réserves sur la tradition populaire qui veut qu'à proximité des sources, s'étendit jadis une ville romaine très prospère, l'ancien établissement thermal romain, par contre, a laissé des vestiges incontestables. C'est ainsi que, lorsqu'on entreprit les travaux de restauration du puits appelé maintenant source des Romains, celui-ci n'était soutenu en haut que par de mauvais madriers de bois et il fallut nettoyer le puit, comblé de pierres et de vase. On vit alors que ses parois inférieures, soigneusement cimentées, s'arrêtaient au roc ferme à 25 pieds de profondeur. L'orifice d'émergence de la source était entouré de blocs de granit bien appareillés et enfin on trouva scellées dans les fondations, des médailles de Vespasien et de Caracalla. On peut croire que les travaux commencés sous Vespasien (69-79) furent achevés ou réparés sous Caracalla (211-217).

Après les invasions des barbares en Gaule, resta-t-il quelque chose de l'organisation balnéaire créée par les Romains ? Ruinée, morte à la chute de l'Empire, il ne subsiste, semble-t-il, des thermes de Sail que la tradition soutenue, et pour ainsi dire rendue visible par ces puits béants, par ces ruines dont une pierre se détachait chaque jour, et surtout par la coutume

des habitants du voisinage de venir se laver dans ses eaux boueuses dont l'usage avait démontré l'efficacité. Le nom de bain resta donc obstinément attaché à ce coin de terre.

Puis, c'est pour Sal-ès-Bains, comme pour la plupart de nos vieilles stations thermales, de longs siècles sans histoire. Comme elles, ce n'est qu'au moyen âge que Sail manifeste quelque réviviscence. Toutefois, sa vraie renaissance ne date que des ^{xvi}^e et ^{xvii}^e siècles. Dès cette époque, en effet, le gouvernement commence à s'intéresser aux eaux minérales, et, en 1605, Henri IV nomme son premier médecin, le sieur La Rivière, « surintendant général des eaux minérales du Royaume ».

En 1611, un intendant spécial est placé à la tête des stations thermales du Bourbonnais, et les médecins se mettent enfin à développer le peu de connaissances que Pline et quelques anciens avaient laissées sur les eaux.

Sail, dit alors « Sail-les-Châteaumorand », nous apparaît sous un jour nouveau. C'est dans ce coin de France devenu dès lors le pays de l'Astrée, que nous rencontrons cette société précieuse et galante que nous peint Honoré d'Urfé. Fort nombreuses sont les légendes populaires qui se rapportent à cette période. Ainsi, c'est la belle Diane d'Urfé qui vient à Sail renouveler son éternelle jeunesse ; ce sont les grandes dames de la cour de Henri III et les Mignons qui viennent s'y soigner ; c'est Hugues de Griffier, baron de Montgilbert, qui vient y faire admirer sa fille Lucette

de Chatelus, renommée pour sa beauté ; d'autres légendes encore...

Dans la suite, la station connut des vicissitudes diverses. Peu à peu, une place lui est réservée dans la littérature médicale. Duclos, en 1675, Planque, en 1748, Richard de la Prade en 1778, décrivent la composition et les propriétés de ses eaux. Ce n'est que vers 1844 que l'Académie de Médecine s'occupe des sources délaissées ; elle fait analyser les eaux par Ossian Henry et sur son avis motivé, la station de Sail est déclarée d'utilité publique (arrêté du 18 juillet 1845).

Les travaux qu'entreprit en 1847, le comte Victor du Hamel, propriétaire des thermes, mirent à jour non seulement les anciennes fondations romaines, mais aussi la source qui porte aujourd'hui son nom, et dont l'abondance et les propriétés curatives bien connues firent la fortune croissante du nouvel établissement thermal.

Les autres sources, au nombre de cinq, et parmi elles, la source des Romains, furent délaissées, cette dernière canalisée servait de fontaine décorative, ornant l'entrée de l'établissement thermal.

L'étude de leur radioactivité devait apporter un changement fondamental dans l'appréciation de leur valeur. Elle devait également nous éclairer sur le rapport de ces différentes sources entre elles.

Au point de vue géologique tout d'abord, elles jaillissent à la surface d'un terrain granitique, ayant auparavant traversé dans la profondeur la couche de porphyre quartzifère, qui va s'enfoncer sous les sables et les argiles tertiaires des environs de Roanne. Ce

ne sont pas, en effet, des eaux de surface, leur origine au contraire semble très profonde. Ceci ressort de différentes notions qui se dégagèrent au cours de notre travail. Je n'en voudrais ici pour preuve que les intéressantes recherches poursuivies pendant 18 mois par M. le Professeur Agrégé Nogier, sur la radioactivité de la source Du Hamel. Malgré l'extraordinaire période de sécheresse coïncidant avec cette étude, non seulement son débit en eau, qui atteint le taux énorme d'un million cent cinquante litres par 24 heures, n'a pas varié, mais la radioactivité de ses eaux n'a subi que de très légères fluctuations oscillant autour du chiffre de 11,47 mmc., chiffre trouvé par MM. Moureu et Lepape.

Les nombreuses études faites sur la source du Hamel qui la classèrent parmi les plus radioactives de France, firent que l'on tira de l'obscurité les cinq autres sources pour les examiner au point de vue radioactivité.

Ce sont ces recherches faites par M. Nogier qui amenèrent la découverte de la source la plus radioactive de France, celle des Romains. Par elles, il fut amené à diviser les six sources existant à Sail en deux grands groupes, selon le taux de radioactivité trouvé dans chacune d'elles.

Le premier, le groupe du Hamel, serait constitué par la source du Hamel, comme source principale, et les sources anciennement dénommées d'Urfé et Maxime (dite ferrugineuses), qui semblent, en ce qui concerne leurs origines, dépendre de la première. L'histoire de ces sources semblait déjà nous l'indiquer. Avant les

fouilles du comte du Hamel, la source qu'il mit à jour n'était représentée que par un puits de faible débit nommé la Source du Saule. La source d'Urfé était alors la plus importante. Elle fut tarie ou peu s'en faut, quand les travaux de 1847 firent jaillir à l'emplacement de l'ancienne source du Saule, une colonne liquide de 10 mètres de hauteur, la source dite aujourd'hui source du Hamel.

Le second groupe, celui des Romains, comprend la source des Romains comme source principale, la source Bellety et Persigny (dite sulfureuse). Ces deux dernières paraissent naître d'une fissure latérale de la source des Romains. La vérification en a été faite lors des récents travaux au griffon des Romains. Le débit insignifiant des sources Bellety et Persigny augmenta d'une façon considérable lorsqu'artificiellement on essaya de boucher le tuyau de canalisation de la source des Romains (1).

Restait cependant ce fait curieux que les analyses chimiques faites sur l'eau des différentes sources, indiquaient une composition inégale pour chacune d'elles (2). Avec M. Nogier, nous estimons que ces différences chimiques, pouvant tenir à des causes multiples et variées, ne doivent pas nous arrêter dans nos conclusions.

(1) Il convient de signaler que des fouilles récentes ont mis en évidence 3 nouvelles venues d'eau au voisinage immédiat de la Source des Romains, et dont le débit total atteint 17 l. par min. La station de Sail se propose de les étudier et les utiliser, s'il y a lieu, sous le nom de « Source de Diane ».

(2) Les différences portent sur les 2^e et 3^e décimales.

CHAPITRE II

La Source des Romains

A. — Propriétés physico-chimiques de ses eaux

Disons de suite que, parmi toutes les propriétés tant physiques que chimiques de l'eau des Romains, une seule prime toutes les autres : c'est la très grande teneur en émanation du radium. Aussi, l'étude de sa radioactivité méritera une place prépondérante dans notre exposé. Dans la mesure du possible, nous avons complété cette étude en déterminant les *constantes physiques* qui manquaient à notre documentation, à seule fin d'établir en quelque sorte la fiche signalétique de l'eau dont nous avons entrepris l'étude expérimentale.

Composition chimique. — Si, d'une façon générale, les eaux minérales sont très difficiles à définir au point de vue chimique, à plus forte raison en sera-t-il ainsi de l'eau des Romains. Pourquoi, en effet, un type d'eau qui se différencie en somme peu des eaux alimentaires normales, est-il qualifié de minéral ? Aussi,

l'ancienne classification des stations hydro-minérales, évitant la difficulté, a-t-elle créé une classe spéciale d'eaux dites indéterminées et faiblement minéralisées.

Pour arriver à la solution du problème, il faut tout d'abord se rendre compte de l'erreur qu'on a faite en ne prétendant attribuer des propriétés pharmaco-dynamiques qu'à des eaux surchargées de matériaux salins ou pourvues d'une petite dose de principes médicamenteux très actifs. Jamais, il ne faut oublier le côté physique de l'activité de la cure hydro-minérale; l'eau des Romains en est une saisissante illustration.

Depuis longtemps, l'analyse chimique avait révélé sa faible minéralisation et, du même coup, entouré son action curative certaine d'un voile de mystère. C'est au xvii^e siècle, lorsque selon l'histoire de l'Académie des Sciences (1667), « l'utilité des eaux minérales fit que l'on tourna de ce côté l'usage de la chymie », que l'on trouve les premières analyses de l'eau des Romains faites avec « tout l'art des chymistes ». Cet art est encore bien dans l'enfance ; nous citons ici à titre de curiosité l'analyse que publie Duclos en 1675, dans ses « Observations sur les eaux minérales de quelques provinces de France ». « L'eau de Sail, dit-il, estoit limpide et agréable à boire, n'ayant aucune saveur ; elle avoit été prise au printemps ; estant évaporée, elle a laissé très peu de résidence grisastre, feuillée de saveur nitreuse et lixiviale. Le peu de sel qui s'y est trouvé avoit du rapport au vrai nitre. Une partie de cette résidence non dessalée, ayant été mise au feu dans un creuset, s'est fondue et est devenue

bleüe comme fait le sel de tartre qui a été longtemps en fonte. » Planque, dans sa bibliothèque choisie de médecine (tome IV, 1753), n'apporte à cette analyse aucune précision nouvelle. Richard de la Prade en reprend l'étude dans son « Analyses et vertus des Eaux minérales du Forez », publiée en 1778. « Cette eau, dit-il, ne diffère guère de l'eau ordinaire, ne fait point d'effervescence avec les acides, verdit le sirop de violette, précipite la solution mercurielle en jaune orangé et la solution d'argent sous la forme d'un caillé blanc, ce qui annonce de la terre absorbante. » Dans le rapport de l'Académie royale de Médecine de Paris, du 6 mai 1845, nous trouvons enfin des données plus scientifiques. Ossian Henry, en 1859, Pasteur en 1878, puis le Bureau d'essais de l'Ecole des Mines en 1882, analysent à leur tour les eaux de Sail. Nous donnons ci-après les résultats de l'analyse la plus récente, celle de l'Ecole des Mines :

Acide carbonique libre.....	0,0224
Bicarbonate de soude anhydre.....	0,2582
— de magnésie	0,0038
— de fer	0,0023
— de calcium	0,0468
Chlorure de sodium.....	0,0448
Chlorure de potassium.....	0,0033
Sulfate de soude.....	0,0255
Silice	0,0280
Matières organiques	traces
	0,4127
Résidu fixe	0,3800

Nous voyons par ce tableau que les eaux de la source des Romains sont caractérisées surtout par leur faible minéralisation. Les sels qu'elle contient sont avant tout des bicarbonates mixtes et des silicates. Nous n'insisterons pas ici sur la teneur de l'eau en silicate et des propriétés curatives qu'on a voulu leur attribuer.

Qu'il nous soit simplement permis de dire que l'analyse telle qu'elle nous est présentée, ne correspond plus aujourd'hui aux exigences de la science hydrologique.

Depuis qu'en 1897, Svante Arrhenius énonça sa théorie de la dissociation ionique, on est arrivé à penser que la composition des eaux minérales ne concordait peut être pas avec la disposition des sels comme nous avons l'habitude de les considérer dans les solutions ordinaires. Ce fait fut vérifié par Fresenius et Misatz, qui démontrèrent dans une source la présence simultanée d'ions-sulfates et d'ions-baryum dissous, lesquels auraient dû produire du sulfate de baryum, sel insoluble dans l'eau comme on sait. Ainsi nous apparaissent pour le moins arbitraires les tableaux énumérant les sels dissous dans une eau minérale.

C'est pourquoi, il importe de reprendre l'examen chimique de l'eau des Romains, d'après les nouveaux critères analytiques.

***Constantes physico-chimiques
de l'eau des Romains***

Toutes nos connaissances sur les eaux minérales se bornaient, il n'y a pas encore bien longtemps, aux résultats de l'analyse chimique, auxquels on ajoutait parfois quelques considérations sur les notions de température, densité, couleur et odeur des eaux étudiées. Aujourd'hui, la tendance, très rationnelle, du reste, de vouloir attribuer quelques influences thérapeutiques à chaque propriété nouvelle mise en évidence dans ces eaux par des procédés nouveaux, a fait que très rapidement la science hydrologique s'est enrichie d'un nombre toujours croissant de constantes physico-chimiques.

Malgré leur importance inégale, l'ensemble de ces données nous fournit des renseignements du plus haut intérêt sur la composition moléculaire des eaux minérales, et nous donne de plus le moyen de reconnaître immédiatement les modifications possibles de ces groupements qui constituent, en quelque sorte, l'harmonie d'une eau minérale.

Sous la direction de MM. Nogier et Chevallier, nous avons déterminé les constantes de l'eau des Romains. Nous donnons ici les résultats et nous indiquerons brièvement les considérations thérapeutiques et l'intérêt pratique qui se rattache à ce genre d'étude.

TEMPÉRATURE. — Les eaux des Romains ont une température qui initialement de 22° s'est montrée de

3° supérieure le jour où l'on réalisa un captage plus rationnel de la source.

Cette thermalité, qui n'est en somme qu'une propriété banale, revêt dans le cas particulier une importance pratique non négligeable, étant donné l'usage à Sail des cures externes (bains, etc.). De plus, il est probable qu'elle influence dans l'eau l'équilibre des sels dissous, et il est intéressant de prévoir une altération de cette constitution primitive, lors du refroidissement (transport, par exemple).

IONISATION. — Depuis que Svante Arrhénius eut proposé sa théorie de l'ionisation pour expliquer certaines anomalies des solutions salines, il nous a été facile d'entrevoir les motifs pour lesquels les eaux minérales échappaient dans une certaine mesure aux lois générales des corps en solution, lois édictées par Van t'Hoff, Pfeffer et Raoult.

D'après ces auteurs, deux solutions de substances différentes auront la même concentration, non pas quand elles contiendront le même poids de substances dissoutes, mais le même nombre de molécules. D'autre part, ce nombre de molécules déterminera la température d'ébullition et de congélation des solutions étudiées. Ces mesures dites tonométriques et cryoscopiques pourront donc servir à renseigner sur la concentration moléculaire, et, partant, la pression osmotique d'une solution. Or, ces lois très exactes pour les corps dissous non décomposables par l'électricité, ne le sont plus pour les sels que le courant électrique peut dissocier. Dans ces cas, la solution agit comme si

elle contenait des molécules en nombre plus grand que ne le voudrait la composition chimique.

Arrhenius admet une subdivision de molécules, chaque partie agissant au point de vue physique comme une molécule entière. Ces particules nouvelles sont appelées *ions*. Le degré d'ionisation nous est révélé ainsi que nous venons de le dire, par la mesure du point cryoscopique d'abord, par la conductivité électrique et la tension superficielle ensuite.

CRYOSCOPIE. — Avec M. Chevallier, nous avons déterminé le point cryoscopique de l'eau des Romains par la technique généralement employée et bien connue. Un thermomètre gradué au cinquantième de degré plonge dans le liquide à étudier et mesure la fraction de degré à laquelle s'arrête le mercure au moment où apparaissent dans le liquide des paillettes de glace.

Le chiffre trouvé était

$$\Delta = - 0,02$$

Cet ordre de recherche qui, depuis la thèse de Lucien Graux, est devenue relativement courant dans l'étude des eaux minérales, nous indique, en plus de l'ionisation, les plus légères modifications de l'eau, dues, soit à des infiltrations étrangères, soit à la précipitation de certains éléments minéralisateurs.

CONDUCTIVITÉ ET RÉSISTIVITÉ ÉLECTRIQUES. — Contrairement à la cryoscopie, qui renseignait à la fois sur le nombre des molécules dissociées et sur celui des ions libres, cette méthode mesure l'ionisation seule, les seuls ions pouvant servir de conducteurs électri-

ques. Cette conductivité est mesurée par la résistance qu'oppose l'eau minérale au passage à son intérieur d'un courant électrique.

La méthode consiste à immerger dans la solution à étudier deux lames de platine platinées distantes de 1 centimètre. On fait passer le courant alternatif d'une bobine d'induction pour éviter la polarisation des électrodes et une bobine de résistance compensatrice permet d'évaluer la résistivité de la couche liquide située entre les deux lames à une température donnée.

Mesurée à l'appareil de Kohlrausch, l'eau des Romains présente une résistivité de 2.950 ohms à la température de 15° centigrades.

Ce chiffre montre bien que si chimiquement cette eau est semblable à l'eau potable ordinaire, elle offre par contre une résistance électrique beaucoup moins grande que celle-ci, preuve nouvelle de sa forte ionisation (1).

TENSION SUPERFICIELLE. — Tout liquide étant formé de particules qui s'attirent réciproquement, la tension superficielle sera l'ensemble des forces par lesquelles, dans un liquide, les particules de la profondeur attirent les particules de la surface, ces dernières ne subissent l'attraction moléculaire que d'un seul côté. De nombreuses méthodes servent à la déterminer. Nous

(1) Par plusieurs mesures faites à l'appareil de Kohlrausch sur de l'eau vieille d'un mois, il nous a semblé trouver des chiffres plus forts qu'avec de l'eau récente. Nous nous garderons cependant d'en tirer des conclusions fermes, l'appareil de mesure employé n'étant pas d'une précision assez grande.

avons employé la plus usitée, celle du compte-gouttes. Elle repose sur le fait que la tension superficielle d'un liquide est proportionnelle au poids de ses gouttes. Ce poids, on peut le connaître, soit en pesant le nombre des gouttes tombées et en divisant le chiffre obtenu par le nombre de ces gouttes ; soit en faisant passer un volume connu de liquide et en déterminant le nombre des gouttes dans lequel il se décompose.

Nous avons déterminé la tension superficielle de l'eau des Romains au compte-gouttes de Duclaux. Elle s'est écoulée en un nombre de gouttes égal à celui d'un même volume d'eau distillée.

Les deux eaux ont donc la même tension superficielle de 75 dynes centimètres. (La valeur de la tension superficielle du sérum sanguin ne dépasse guère 72 dc.)

INDICE DE RÉFRACTION. — Nous avons, sous la direction de M. le Professeur Nogier, fait une mesure de l'indice de réfraction, au moyen du réfractomètre de Féry. A 19° centigrade, le chiffre obtenu était de :

1,3330

chiffre qui, comme nous le voyons, ne diffère pas de celui de l'eau distillée.

Ici, l'ionisation des électrolytes n'intervient plus. L'influence des corps dissous sur l'indice de réfraction est une propriété « atomique additive », liée directement à la densité des corps en solution, quelque puisse être leur degré de dissociation ionique (Sérègè). M. le Professeur Nogier, qui a mesuré également l'indice de

réfraction de l'eau du Hamel, a trouvé pour cette eau le même indice de réfraction. Dans sa récente communication du 12 novembre, il fait justement remarquer que cette constatation ne manque pas d'illustrer le peu d'intérêt pratique que cette mesure représente au point de vue thérapeutique.

Ne voilà-t-il pas, en effet, deux sources : l'eau du Hamel et l'eau des Romains, essentiellement différentes en ce qui concerne leur valeur curative et qui cependant possèdent le même indice de réfraction.

DENSITÉ. — Nous venons de voir que la mesure de l'indice de réfraction d'une eau minérale ne semblait pas nous apprendre grand'chose, à nous médecins. Cette mesure n'aurait, en effet, pas grand intérêt si elle ne nous était pas une précieuse indication pour la densité du liquide étudié. Il existe, en effet, une relation très étroite entre l'indice de réfraction et la densité des liquides. Cette notion est d'autant plus précieuse que la détermination de la densité d'un liquide constitue une opération excessivement délicate et nécessitant des précautions infinies, ce qui contraste singulièrement avec la simplicité et la précision d'une mesure au réfractomètre de Féry.

Nous nous en sommes rendu compte en déterminant avec M. Chevallier, la densité de l'eau des Romains par la méthode du Flacon.

$$\text{à } 0^{\circ} = 1,0010.$$

Nous rappelons que la densité de l'eau distillée à 0° est de :

$$0,9998,$$

VISCOSITÉ. — La mesure de la viscosité de l'eau des Romains a été faite au moyen de l'appareil de Beaume qui permet à une grande approximation d'évaluer cette constante physique à une température quelconque. Le mode d'opérer consiste en l'appréciation du temps d'écoulement du liquide entre deux repères d'un tube rigoureusement calibré et étalonné. A 20°, elle était de 0,0165, chiffre différent de celui de l'eau distillée à même température (à 16° = 0,01457).

DÉTERMINATION DU PH (concentration en ions hydrogène).

Cette notion rentrée depuis peu dans le domaine de l'hydrologie, nous permet, au moyen d'une mesure électrique, d'apprécier l'alcalinité ou l'acidité d'une eau suivant la faible ou forte concentration en son intérieur d'ions d'hydrogène libres. Le principe de la mesure est déduit de la formule de Nernst : « la différence de potentiel observée entre une solution et une lame d'hydrogène plongée dans le liquide est liée à la concentration en ions H ».

Pratiquement, on mesure la différence de potentiel aux bornes d'une pile que l'on constitue de la façon suivante. Deux électrodes plongent dans le liquide à étudier, l'une est formée par une lame de platine platinée entourée d'un atmosphère d'hydrogène, l'autre plonge directement dans le liquide. Nous n'insisterons pas sur les détails techniques de la mesure. Sous la direction de M. Kofman, nous avons déterminé le PH de l'eau des Romains :

$$P_H = 7,99 \text{ à } 16^\circ,$$

chiffre trouvé sur une eau 24 heures après son prélèvement.

Nous donnons à titre de comparaison le P_H

pour l'eau distillée : 7,07 à 18°,

HCl solution norm. = 0,10,

Na OH solution norm. = 14,05.

Nous voyons donc que l'eau des Romains est une eau neutre plutôt alcaline qu'acide.

Il nous a paru intéressant de comparer la mesure du P_H faite sur une eau de 24h avec celle faite sur une eau embouteillée depuis un mois et soigneusement cachetée. Voici le résultat :

$$P_H = 7,64 \text{ à } 16^\circ.$$

Devant la différence entre les deux résultats, il est permis de se demander si la présence d'émanation dans une eau n'influencerait pas sa concentration en ions H (1).

Nous énumérons dans le précédent tableau l'ensemble des constantes physico-chimiques que nous venons d'étudier.

Nous y joignons quelques chiffres connus pour mieux faire ressortir l'importance relative de chacune d'elles.

(1) Lévy-Dumas a obtenu des résultats analogues pour l'eau d'Evian jeune et vieille,

	S. des Romains	S du Hamel	Eau dist.
Minéralisation (résidu fixe)	0,3800	0,3820	—
Température	25°	34°	—
+ Point cryoscopique	0,02	0,02	0
+ Résistivité à 15°	2950 OHMS		90.000 OHMS
+ Tension superficielle 18°	75 dcm.		75 dcm.
+ Indice de réfraction 19°	0,3330	0,3330	0,3330
+ Densité	1.0010		1
+ Viscosité à 20°	0,0165		0,01457
P H à 16°	7,99	7,50	7,07

+ Les constantes désignées par une croix ont été déterminées sur de l'eau des Romains conservée dans un ballon de quartz que M. Nogier avait aimablement mis à notre disposition.

Radioactivité

Bien que la radioactivité si importante des eaux minérales soit une conquête récente de la science moderne, il est curieux de constater que, dès longtemps, les anciens surent admirablement en utiliser les propriétés au point de vue hydrologique, sans en connaître l'origine mystérieuse. Les édifications gallo-romaines nombreuses et variées que l'on rencontre auprès des sources que justement les découvertes contemporaines ont révélées comme très radioactives, en sont le vivant témoignage. La science moderne a matérialisé l'âme agissante des sources, le « quid divinum » des anciens pour en faire l'émanation du radium.

Plus près de nous, dans son « Traité analytique des Eaux minérales », 1774, Raulin dissertera longuement sur « l'esprit volatil éthéré minéral » qui, selon Frédéric Hoffmann, empêchait les eaux de se corrompre. Cette théorie lui attira les foudres de nombreux chimistes.

En 1844, Scoutetten avait été tenté d'attribuer toute l'efficacité des eaux minérales à l'électricité dont l'aiguille du galvanomètre révélait la présence au sein de chacune d'elles. En réalité, le courant n'avait pas d'autres causes que l'action des sels contenus dans l'eau sur le métal.

Il faut arriver aux remarquables travaux de H. Becquerel, de Pierre Curie et Mme Curie, pour se faire une idée précise de la propriété mystérieuse de nos eaux minérales, ces antiques agents thérapeutiques.

Avant d'entreprendre ici l'étude de la radioactivité de l'eau des Romains, disons un mot de la radioactivité en général.

L'atome, disent les théories modernes, est formé d'une matière primordiale inconnue, unique pour la totalité des corps. Il serait constitué de particules de cette matière primordiale, en nombre variable et différemment accouplées. Pour se condenser et former ainsi l'atome, ces particules absorbent une grande quantité de calories, dite chaleur de formation. Or, dans un atome donné, le nombre des particules de matière primordiale qui le composent, est proportionnel à son poids atomique ; de plus, il semble que les corps à poids atomique élevé soient de beaucoup les moins stables : ils se détruisent à la longue. C'est leur dégradation lente qui libère l'énergie accumulée, et donne naissance aux corps radioactifs. Ainsi, l'uranium corps à poids atomique très élevé, se détruit en produisant un certain nombre de substances qui, elles, ont une vie plus courte encore. La plus connue en est

le radium qui vit un temps approximatif de 3.000 ans. Dans cet espace de temps, il disparaîtrait complètement en se décomposant, d'abord en émanation et ensuite, en une série de nouveaux produits de désintégration (dépôt actif de l'émanation) dont le dernier terme non radioactif, serait identique au plomb. Au cours de ses transformations successives, l'atome radioactif libère soit des atomes d'hélium (rayon α), soit des électrons (rayon β), soit enfin des radiations possédant une vitesse égale à celle de la lumière, mais dont la longueur d'onde est beaucoup plus petite que celle des rayons auxquels on peut les comparer (rayon γ).

Ces divers rayons transportent une quantité énorme d'énergie. Parmi eux, les rayons γ semblent être les plus importants au point de vue thérapeutique.

L'énergie radioactive est mesurée d'après une unité, la *curie*, qui est la quantité d'émanation en équilibre avec un gramme de radium-élément. En radiologie hydrologique, on utilise le millimicrocurie, c'est-à-dire la quantité d'émanation en équilibre radioactif avec un millième de microgramme radium (un milliardième de gramme de radium). L'appareil de mesure le plus usité est celui de Chénéveau et Laborde ; il utilise la propriété que possède l'émanation, de rendre conducteur un gaz au milieu duquel elle se dégage en l'ionisant ; cette ionisation provoque la décharge plus ou moins rapide d'une tige portée à un potentiel de plusieurs centaines de volts et reliée à l'électroscope.

C'est au moyen de cet appareil qu'a été mesurée la radioactivité de la source des Romains, dont nous abordons à présent l'étude.

Le 28 mai 1924, M. Nogier communiquait à la Société Nationale de Médecine de Lyon, le résultat de ses premières recherches. Nous extrayons de sa publication, parue dans le *Lyon Médical*, les points essentiels : « En étudiant la source des Romains, je m'aperçus qu'elle avait une radioactivité très grande. La moyenne de cinq déterminations faites sur de l'eau transportée à Lyon m'a donné le chiffre de

55,15 millimicrocuries

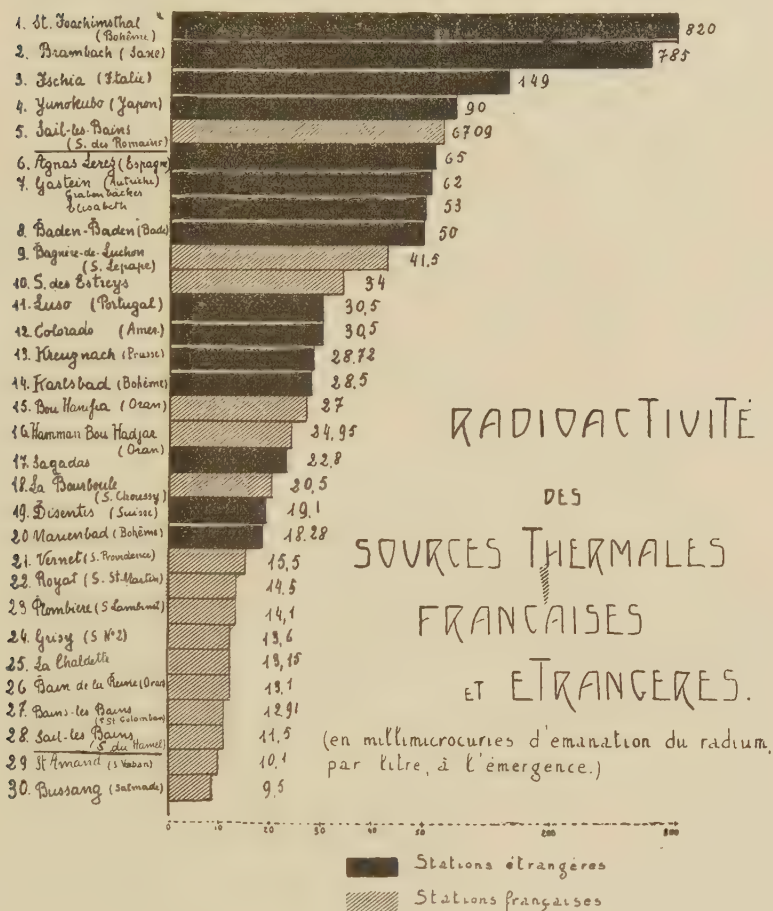
par litre au déversoir. Or, comme le déversoir est à 12 ou 15 mètres en aval du griffon, le chiffre vrai que des mesures ultérieures permettront d'établir sera vraisemblablement supérieur au chiffre ci-dessus. »

Cette prévision se vérifia entièrement lorsque les travaux de dégagement du griffon permirent un prélèvement d'eau plus proche de l'émergence. Dans une seconde communication à la Société Nationale de Médecine de Lyon (12 novembre 1924), M. Nogier donnait les résultats définitifs de ses travaux. L'Eau des Romains au griffon peut être considérée comme ayant une radioactivité de

67,09 millimicrocuries

par litre d'eau. Ainsi se trouvent donc réunis à Sail, deux types d'eau radioactive, l'un la Source du Hamel (radioactivité moyenne), l'autre la Source des Romains (radioactivité très forte).

Pour se rendre compte exactement de la valeur de ces données nouvelles, il était intéressant de comparer ces sources avec les autres eaux radioactives de



France et de l'étranger. À cet effet, nous avons résumé dans le tableau ci-dessus, toutes les sources dont la radioactivité a été mesurée ; nous les avons groupées

d'après leur teneur en émanation du radium dans l'eau. Nous empruntons nos chiffres à l'article de M. Lepape : « Les données numériques actuelles sur la radioactivité des sources thermales françaises » (*Annales d'Hydrologie et de Climatologie*, tome II, n° 1, janvier-mars 1924), d'une part, au *Traité* de MM. Piéry et Milhaud sur les eaux minérales radioactives, d'autre part.

Nous voyons, d'après ce tableau, que la Source des Romains, en tête des sources radioactives françaises, vient en cinquième rang parmi celles du monde entier.

B. — Les gaz

Les gaz de la Source des Romains sont ou spontanés ou dissous dans l'eau. Leur composition dans les deux cas est différente ainsi qu'il résulte de l'analyse de M. Nogier, que nous reproduisons ici :

	Gaz spontanés	Gaz dissous
CO ²	0,50 %	40,5 %
O	1,13 % (1)	11,43 %
Azote et Gaz rares	97,94 %	48 %

(1) Les gaz spontanés ayant été recueillis dans un flacon, préalablement rempli de l'eau des Romains, il est possible qu'en recueillant les gaz sur une cuve à mercure, la quantité d'oxygène soit beaucoup plus faible (remarque de M. Nogier).

Parmi les gaz dissous, on trouve, cômme nous le voyons, une quantité non négligeable de CO' et de O'. Les gaz spontanés en sont presque entièrement dépourvus, ces derniers par contre sont remarquables par leur composition presque exclusive d'azote et de gaz rares. Cette particularité à elle seule devait faire soupçonner dans ces gaz, une quantité importante d'émanation du radium. L'analyse de M. Nogier leur trouva, en effet, la radioactivité considérable de

214,1 millimicrocuries

par litre au griffon. Par la haute radioactivité de ses gaz, la source des Romains effermit sa place en tête des stations radioactives de France.

En ce qui concerne les gaz thermaux des stations étrangères, nous n'avons pu rassembler que très peu de mesures sur leur radioactivité. Tous les chiffres trouvés restent bien au-dessous de celui des gaz des Romains. Bad-Gastein seul se montre d'une richesse supérieure avec 568,8 millimicroruries par litre de gaz. Manquant de documents suffisants sur les stations étrangères, nous réunissons dans le tableau ci-après la teneur en émanation du radium des gaz spontanés des principales sources françaises.

Sail-les-Bains	(S. des Romains)	214
La Bourboule	(Choussy)	161,4
Luchon	(Bordeu-I)	132,5
—	(Bordeu-2)	107
Vernet	(S. Providence)	115,9

Il faut bien dire cependant que la notion de la quantité d'émanation contenue dans un litre de gaz n'a que peu de signification en elle-même, si elle n'est pas complétée par celle de la quantité des gaz émis par la source en 24 heures.

Pour la Source des Romains, les travaux actuels au griffon de la Source ont empêché jusqu'ici de mesurer son débit exact en gaz. Tout ce que nous pouvons dire à ce sujet, c'est que peu abondant au début des travaux, il s'est sensiblement augmenté avec le débit en eau qui atteignait alors environ 21.600 litres par 24 heures.

CHAPITRE III

Etude bactériologique

A. — Analyse

Pour être complète, l'étude d'une source doit toujours comporter une analyse bactériologique. La teneur en microbes de l'eau des Romains offrait un intérêt plus particulier encore du fait de sa très forte radioactivité.

Nous fîmes donc un prélèvement (1) d'eau à la source, avec la technique et les précautions d'asepsie habituelles, et nous le confiâmes ensuite à M. le Professeur agrégé Rochaix, pour les opérations d'analyse. Tenant compte de la température de l'eau des Romains à son émergence, deux séries d'ensemencements furent faites, l'une sur gelose conservée à une température de + 37°, l'autre sur gélatine, à la température du laboratoire. Voici les résultats :

(1) Nous devons faire remarquer que ce prélèvement a été pratiqué dans une période où les travaux de dégagement du griffon étaient assez avancés.

Moyenne des ensemencements : sur gélose à 37° — 1 colonie par cc. d'eau ensemencée sans dilution ; sur gélatine à + 15 à 18° : 2 colonies par cc. d'eau ensemencée sans dilution.

Dans les deux cas, il s'agissait de microbes non chromogènes, non liquéfiant.

L'eau de la Source des Romains contient donc 1 à 2 microbes par centimètre cube. Or, une eau est dite bactériologiquement très pure, lorsqu'elle contient moins de 100 microbes par cc. L'eau des Romains peut donc être considérée pratiquement comme stérile. Cette constatation n'est pas pour nous surprendre, non pas tant peut-être en considération de la très grande teneur en émanation du radium, mais plutôt pour les origines vraisemblablement très profondes de l'eau des sources de Sail.

B. — Essai sur l'action microbicide

Bien que les microbes soient doués d'un pouvoir reproducteur considérable qui devrait semble-t-il les rendre vulnérables (radiosensibles) au bombardement électrotonique des corps radioactifs, presque tous les expérimentateurs sont unanimes à déclarer que les rayons γ du radium, ainsi que les rayons X n'ont aucune action importante sur eux. En ce qui concerne le rayonnement corpusculaire α et δ , il a pu toutefois selon divers auteurs, manifester une action bactéricide.

Ce sont ces différents travaux qui nous ont donné l'idée de rechercher comment pouvait se comporter une émulsion de microbes mise en présence d'une eau radioactive. De plus, nous avons été frappé par certains passages de la lettre de Pasteur, du 18 juillet 1878, concernant l'eau de la Source Du Hamel, en réponse à une demande d'analyse : « Elles (les eaux Du Hamel), dit-il, sont antiseptiques, anti-fermentescibles, antiputrides et antimicrobiennes. » « Elles arrêtent les fermentations alcooliques, lactiques, butyriques, etc. »

Dans l'impossibilité matérielle d'entreprendre des recherches plus vastes, sur la proposition de M. Rochaix, nous nous sommes contentés de l'essai suivant à la réalisation duquel il nous prêta généreusement son concours :

Dans trois flacons d'Erlenmeyer stérilisés, nous avons introduit 100 cc. d'eau de la Source des Romains prélevés 24 heures auparavant. Nous avons émulsionné respectivement dans chaque flacon, un demi-centimètre cube de culture en bouillon de bacille d'Eberth, de bacille dysentérique du type Flexner et une dose de culture de staphylocoque sur gélose. Ces émulsions ont été abandonnées, pendant 15 jours, à la température du laboratoire. Au bout de ce laps de temps, non seulement les microbes n'étaient pas morts, mais les flacons renfermant le bacille d'Eberth et le Flexner étaient transformés en véritable culture. L'action microbicide a été absolument nulle, et l'on pourrait même se demander si vis à vis des deux derniers microbes cités, l'eau n'a pas eu une action excitatrice sur leur développement.

Pour être en contradiction avec la lettre de Pasteur, les résultats de cette petite expérience, en ce qui concerne l'action microbicide, n'en cadre pas moins avec les constatations faites par les auteurs modernes et que nous avons citées plus haut.

Nous renvoyons aux travaux lyonnais de M. P. Courmont et M. Nogier, qui ont observé que les rayons γ du radium n'ont qu'un faible pouvoir atténuateur (même avec des doses élevées de 20.621 milligrammes-heures de Ra Br_2 , 2 h. 20) ; à ceux de MM. Cluzet, Rochaix et Koffmann, qui montrent que le rayonnement secondaire du radium peut être faiblement microbicide et encore faudrait-il se placer dans des conditions bien déterminées ; enfin les recherches de MM. Cluzet, Rochaix et Chevalier, qui montrent, au sujet de l'émanation du thorium, qu'il faut les doses considérables de 3.000 et parfois 7.200 unités électrostatiques pour avoir une simple diminution de la vitalité des microbes.

Avec M. Rochaix, nous estimons donc, sans toutefois poser une conclusion définitive, que l'action bactéricide d'une eau radioactive est nulle. Il semblerait que ces eaux déterminent une excitation plutôt qu'une désintégration de la matière vivante. Cette donnée générale nouvelle est susceptible d'ouvrir la voie à des recherches ultérieures et du plus haut intérêt.

D'ailleurs, cette notion de l'action excitatrice exercée par l'émanation du radium sur les cellules vivantes, ne doit pas surprendre outre mesure. Elle rentre dans le cadre d'une propriété générale actuellement bien connue des substances radioactives. Leur action

énergétique produit des effets différents suivant la dose ; les faits concernant l'action microbicide de l'émanation du radium ont été produits à la suite d'expériences effectuées, en général, avec des doses considérables, et après exposition prolongée. Nous sommes assez tentés d'admettre dans le cas de nos expériences que nous avons opéré avec des doses légères et par conséquent plutôt excitantes (1).

(1) Cette action excitante a été signalée plusieurs fois déjà à propos de la croissance des végétaux et des animaux inférieurs (Schaper, Winkler, Wintrebert).

CHAPITRE IV

Etude expérimentale

Bien que de nombreux travaux expérimentaux et cliniques, effectués en France et à l'étranger, aient fixé les grandes lignes de la pharmacodynamie des corps radioactifs, il reste encore, du moins en ce qui concerne les eaux minérales, bien des faits mystérieux, à l'explication desquels l'expérimentation au laboratoire peut puissamment contribuer. En nous révélant l'action générale du radium et de son émanation sur l'organisme des cobayes et des lapins, elle nous fait prévoir les effets produits par ces éléments, lorsque, aux fins d'une thérapeutique générale, on les introduit dans le milieu intérieur d'un organisme humain.

Tel est le but des expériences que nous avons réalisées et dont nous apportons ici le résultat. Au seuil de notre étude, il nous paraît utile à propos de chaque expérience entreprise, de porter notre attention sur deux points.

Nous rappellerons d'abord brièvement les données expérimentales actuellement admises, à seule fin de mieux nous rendre compte de leur concordance ou de leur discordance avec les nôtres. Enfin, partant du principe que dans toute expérimentation la méthode juge les résultats, nous rendrons un compte détaillé de notre technique expérimentale en insistant plus particulièrement sur les points qui nous paraissent importants. Disons de suite que dans toutes nos opérations, nous avons fait nos recherches en nous plaçant toujours dans des conditions identiques afin de rendre négligeables les erreurs inhérentes à nos méthodes.

Pour notre documentation, nous avons puisé largement dans le Traité de MM. Piéry et Milhaud : « Les eaux minérales radioactives », que nous avons lu et relu et qui apporte « le dépouillement critique des travaux expérimentaux français et étrangers ». Notre tâche ainsi facilitée, nous n'eûmes plus à consulter les travaux originaux eux-mêmes que lorsqu'il était nécessaire d'avoir des précisions sur quelques données expérimentales.

Action de l'eau radioactive sur le sang

Les données expérimentales actuelles sur l'action sanguine de l'émanation du radium portent principalement sur l'étude des variations des globules rouges et blancs et sur le temps de coagulation. Elles peuvent se résumer en trois propositions ;

1° Aucune action sur les globules rouges.

2° Leucopénie légère avec éosinophilie et augmentation de la lobulation des noyaux leucocytaires.

3° A petites doses, coagulation sanguine accélérée, à hautes doses, légèrement retardée.

Quels sont donc les effets de l'eau aussi fortement radioactive que celle des Romains sur nos animaux d'expérience ?

Technique expérimentale

Nous avons opéré sur des cobayes d'un poids moyen de 600 grammes, mâles et femelles, nourris tous au même chenil avec l'alimentation ordinaire. Les prélèvements de sang pour les numérations et les étalements sur lames étaient pratiqués à la même heure de la journée par le procédé généralement employé de la piqûre d'une veine de l'oreille. Nous avons pris garde à ce que cette piqûre portât toujours sur la veine et fit sourdre immédiatement et sans pression une goutte de sang qui, de suite, était utilisée. Le sang des piqûres pratiquées ailleurs que sur une veine est, en effet, susceptible de se mélanger à de la lymphe, ce qui eût introduit une cause d'erreur.

Pour baser notre observation sur des données certaines, nous avons étudié l'hématologie normale du cobaye en pratiquant des recherches sur des cobayes témoins. D'autre part, nous nous sommes fait contrôler très fréquemment par M. Milhaud, chef de laboratoire. Enfin et surtout, nous avons consulté dans la

littérature les travaux qui avaient trait à ce sujet, en particulier le *Précis* de Klieneberger et Walter Karl sur l'hématologie des animaux de laboratoire (*Die Blut-Morphologie der Laboratoriumstiere, Leipzig, 1912*).

En ce qui concerne la formule leucocytaire, nous citons leurs résultats *in extenso* : « les oscillations dans le nombre des globules rouges sont de l'ordre de 20 à 25 % ; le nombre des leucocytes peut varier jusqu'à 100 %. Ce qui nous apparaît encore comme le plus constant, c'est la proportion des différents globules blancs entre eux. Les variations que l'on peut y constater sont dues aux variations considérables du nombre des éosinophiles, leur nombre absolu peut varier de 100 à 4.000, sans que l'on puisse en donner une explication ».

Nous sommes de leur avis, sauf sur un point. En prenant toutes les précautions indiquées au début de ce chapitre, nous n'avons jamais vu varier de 100 % le nombre des globules blancs. Il nous semble donc que, malgré les quelques variations physiologiques dans la composition normale du sang chez le cobaye, cet animal de laboratoire peut parfaitement servir pour les recherches hématologiques, à condition toutefois, de toujours avoir présentes à l'esprit, les causes d'erreurs que nous avons signalées.

NOS EXPÉRIENCES. — Pour rendre plus facile la lecture de ce compte-rendu, nous donnons les observations complètes de trois cobayes et les graphiques que nous avons établis à leur sujet. Auparavant, nous

croyons utile d'indiquer les résultats moyens obtenus sur un ensemble de 22 cobayes.

INJECTIONS. — De nos 22 cobayes :

8 furent traités par des injections sous-cutanées quotidiennes de 8 cmc. d'eau des Romains, la plus récente possible.

4 n'en reçurent que 5 cmc.

4 furent injectés à raison de 10 cmc. d'eau âgée de plus d'un mois.

3 à l'eau distillée : 10 cmc. par jour.

1 à l'eau physiologique : 10 cmc. par jour.

2 enfin servirent de témoins.

Les injections d'eau radioactive ont été pratiquées aussi régulièrement que possible chaque jour ; toutefois, nous nous sommes heurtés à certaines difficultés dues aux envois irréguliers d'eau minérale. Ce fait est important, car on sait que l'activité de l'eau radioactivité est réduite de moitié en 3,85 jours ; probablement est-ce là la cause des variations observées dans nos résultats.

NUMÉRATIONS GLOBULAIRES. — Elles furent pratiquées avec l'hématimètre de Hayem, d'après le procédé habituel. Ici, plus encore qu'ailleurs, nous avons eu le souci d'opérer avec une technique aussi stricte que possible, afin d'éliminer toute cause d'erreur.

Les 8 cobayes, injectés à la dose de 10 cmc. d'eau récente et dont 4 ont été soumis à des numérations systématiques, nous ont toujours donné une augmen-

tation du nombre des globules rouges. D'une moyenne de 5.800.000 à 6.000.000, ils atteignirent celles de 7.500.000 à 8.500.000, soit une augmentation constante de plus d'un million en général (Klieneberger donne comme nombre normal de globules rouges : 5.270.000, le *Dictionnaire de Physiologie* de Richet : 5.850.000). Les 4 cobayes injectés à la dose de 5 cmc. présentèrent sensiblement la même augmentation.

Quant au nombre des globules blancs (moyenne normale : 15.000), chez les uns comme chez les autres, il a subi des variations, au début dans le sens d'une augmentation passagère, suivie ensuite d'une diminution. Nos tableaux montrent que cette leucopénie est toujours légère.

Les numérations faites sur les cobayes injectés à l'eau vieille, à l'eau distillée, et à l'eau physiologique (voir tableau), nous ont donné peu de variations. Celles-ci sont susceptibles de rentrer dans le cadre des variations individuelles.

FORMULE LEUCOCYTAIRE. — Nous fîmes pour les différents animaux traités, des étalements de sang selon la technique habituelle. Ils furent ensuite colorés à l'hématéine-éosine.

La formule leucocytaire normale du cobaye nous a particulièrement préoccupé. Klieneberger et Walter Karl nous indiquent comme normale la formule suivante :

Polynucléaires neutrophiles ou pseudo-	
éosinophiles	38,5 %
Polynucléaires éosinophiles	0,5-38 %

Mastzellen	0,85	%
Mononucléaires	1,5	%
Gros lymphocytes	13,5	%
Petits lymphocytes	33	%
Formes de transition.....	0,65	%

Etant donné cependant les variations non négligeables de cette formule, il nous a semblé avantageux de ne pas multiplier outre mesure les catégories de globules blancs. Dans toutes nos numérations, nous ne considérerons donc que les groupes suivants, pour lesquels nous avons trouvé la moyenne suivante :: :

Polynucléaires neutro et basophiles.....	50 %
éosinophiles	7 %
Mononucléaires-lymphocytes	33 %
moyens et gros mononucléaires..	10 %

A la vérité, cette formule varie parfois beaucoup d'un individu à l'autre. Il nous a semblé, par contre, que, pour le même animal, elle présentait une certaine constance, aussi nous n'hésiterons pas à conclure que les variations indiquées par nos tableaux, à propos de nos animaux injectés à l'eau active, ne sont pas de l'ordre des variations physiologiques. La comparaison des divers tableaux que nous donnons en constitue une démonstration.

Cage 12. — Cobaye N° 1 mâle jaune et noir traité par des injectoins quotidiennes de 10 cc. d'eau des Romains (eau récente) (1).

Voir Tableau I

Dates	Poids	Globules R.	Globules Bl.	Lymphocytes	Mononucléaires	Polynucléaires	Eosinophiles
24 sept.	672 gr.	5.637.000	12.400				
25 —				25 %	41 %	62 %	2 %
26 —				début des injections			
27 —	700						
28 —		6.448.000	24.800				
30 —	700						
1 —				27 %	17 %	53 %	3 %
2 —		6.603.000	14.200				
3 —	690						
6 —		8.084.000	12.400	48 %	17 %	34 %	1 %
8 —	710						
10 —	700	8.345.000	11.200				
11 —				52 %	15 %	30 %	2 %
14 —		8.530.000	9.300				
15 —	740			50 %	10 %	38 %	2 %
18 —		8.668.000	15.500				
20 —	740						
23 —		7.322.000	21.700	38 %	17 %	39 %	6 %
25 —	725	7.688.000	13.600				
27 —		7.226.000	21.700				
28 —				35 %	7 %	56 %	2 %
29 —		7.393.000	12.400				
30 —	760						
31 —		7.750.000	9.300				
4 —	775	6.640.000	10.500	fin des injections			
7 —				30 %	14 %	55 %	1 %
9 —	790	5.983.000	15.500				
13 —	760						
14 —		6.255.000	12.400				
15 —				30 %	9 %	59 %	8 %

(1) Sur le tableau l'activité des 10 cc. d'eau au moment de l'injection a été calculée (en millimicrocurie) à partir d'une activité initiale moyenne de 60 mmc. par litre.

La Formule leucocytaire a été représentée par deux colonnes, une blanche comprenant les lymphocytes et les mononucléaires, l'autre noire représentant les polynucléaires.

II.

cage 12 cobaye N°1 ♂ - Injections diau radioactive -

Poids (en gr)

→ → → → →

⌈ ⌋

Globules rouges

Globules blancs

injections

^ ^

^

800

700

600

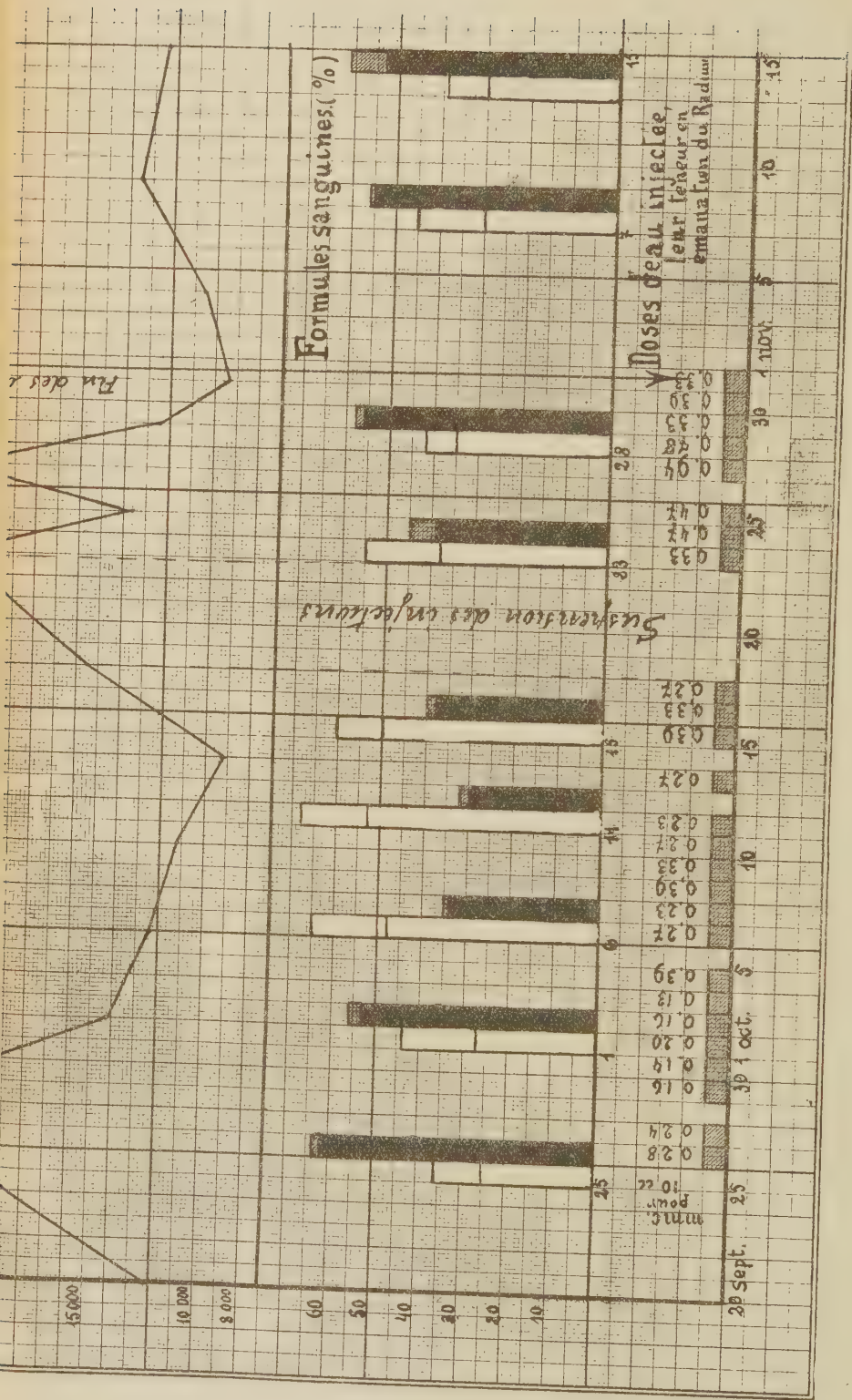
8 000 000

7 000 000

6 000 000

25 000

20 000



Cage 6. — Cobaye N° 13 mâle, blanc yeux jaunes
Injection quotidienne de 5 cc. d'eau active

Voir Tableau II

Dates	Poids	Globules R.	Globules Bl.	Lympho- cytes	Mononu- cléaires	Polynu- cléaires	Eosinophiles
				%	%	%	%
26 sept.	640 gr.	6.064.000	15.500				
28 --				22	16	62	0
29 --	660						
1 oct.		6.874.000	18.600				
3 --	650						
4 --		8.027.600	12.400				
8 --	630	7.536.100	12.400				
10 --	650						
12 --		8.277.000	9.300				
15 --	670						
16 --		8.621.000	9.300	59	23	18	0
21 --	670						
24 --		8.022.000	12.400				
27 --	690			58	9	33	0
28 --		7.393.000	12.400				
29 --							
31 --	695	7.812.000	9.300				
4 nov.	740	6.200.000	9.900				
9 --	750	5.673.000	12.400	44	8	48	0
13 --	755						
29 --		5.859.000	14.100				
20 --				33	9	59	0
27 --				25	10	65	0

Cage 8. — Cobaye N° 9 femelle angora blanc et noir
Injection quotidienne de 10 cc. d'eau de Sail vieille

Voir Tableau III

Dates	Poids	Globules R.	Globules Bl.	Lymphocytes	Mononucléaires	Polynucléaires	Eosinophiles
				%	%	%	%
12 sept.	580 gr.	—	—	—	—	—	—
16 —	570						
19 —	560						
début des injections							
20 —		6.215.000	17.500				
26 —	560						
1 oct.				30	22	44	4
3 —	560						
4		6.735.000	9.300				
8 —	580			31	26	42	1
9 —		6.520.000	12.400	36	9	43	12
10 —	570						
14 —		6.547.000	12.400				
15 —	580						
21 —	595						
24 —		6.417.000	12.400	40	9	42	9
31 —	600						
fin des injections							
5 —	590	6.160.000	12.400				
9 —	610						
13 —	610			34	15	48	4
15 —		6.010.000	14.000				

III

800 cage cobaye N°13 ♂ - Injections deau radioactive -

Poids (en gr)

{

>>>

Globules rouges

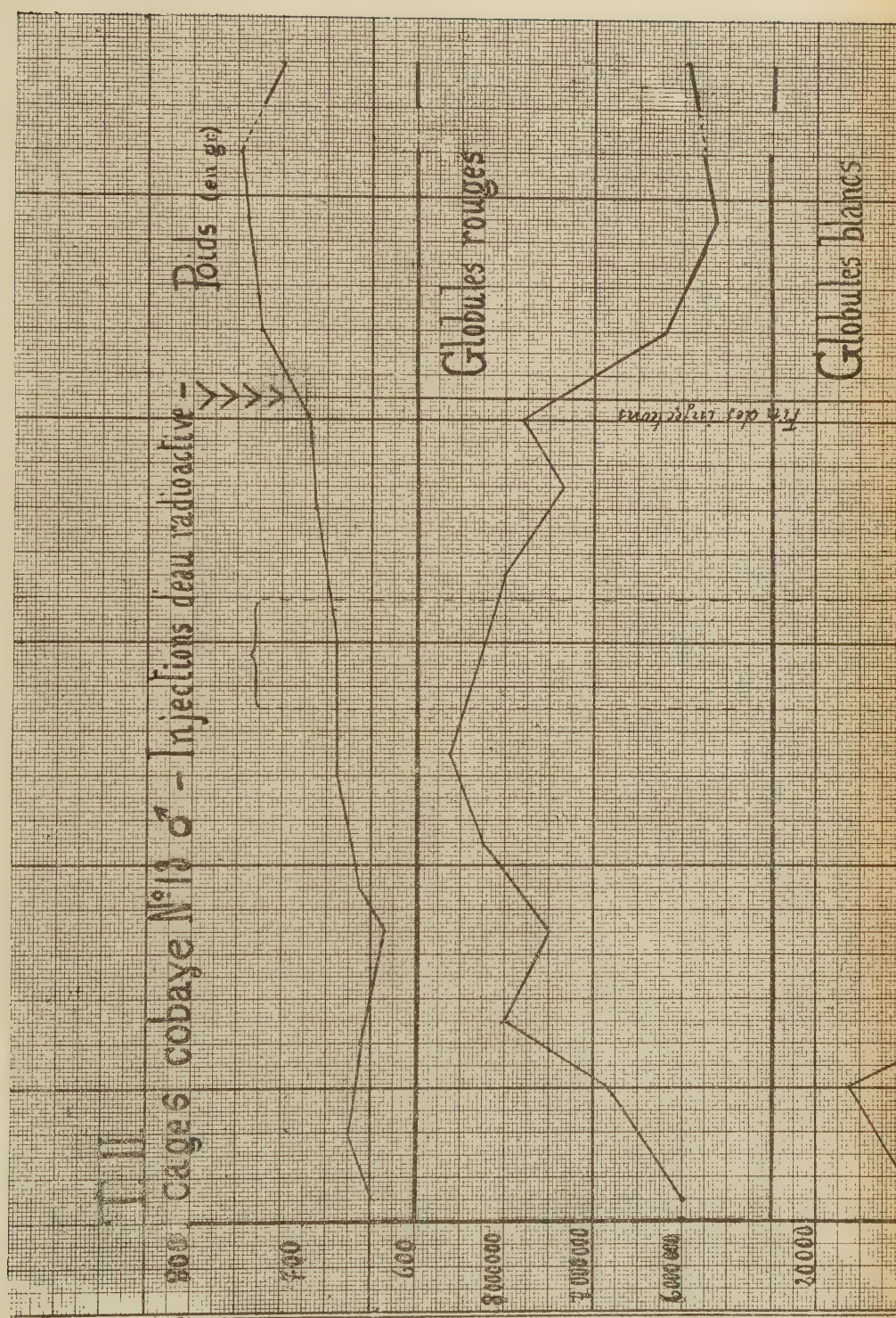
Globules blancs

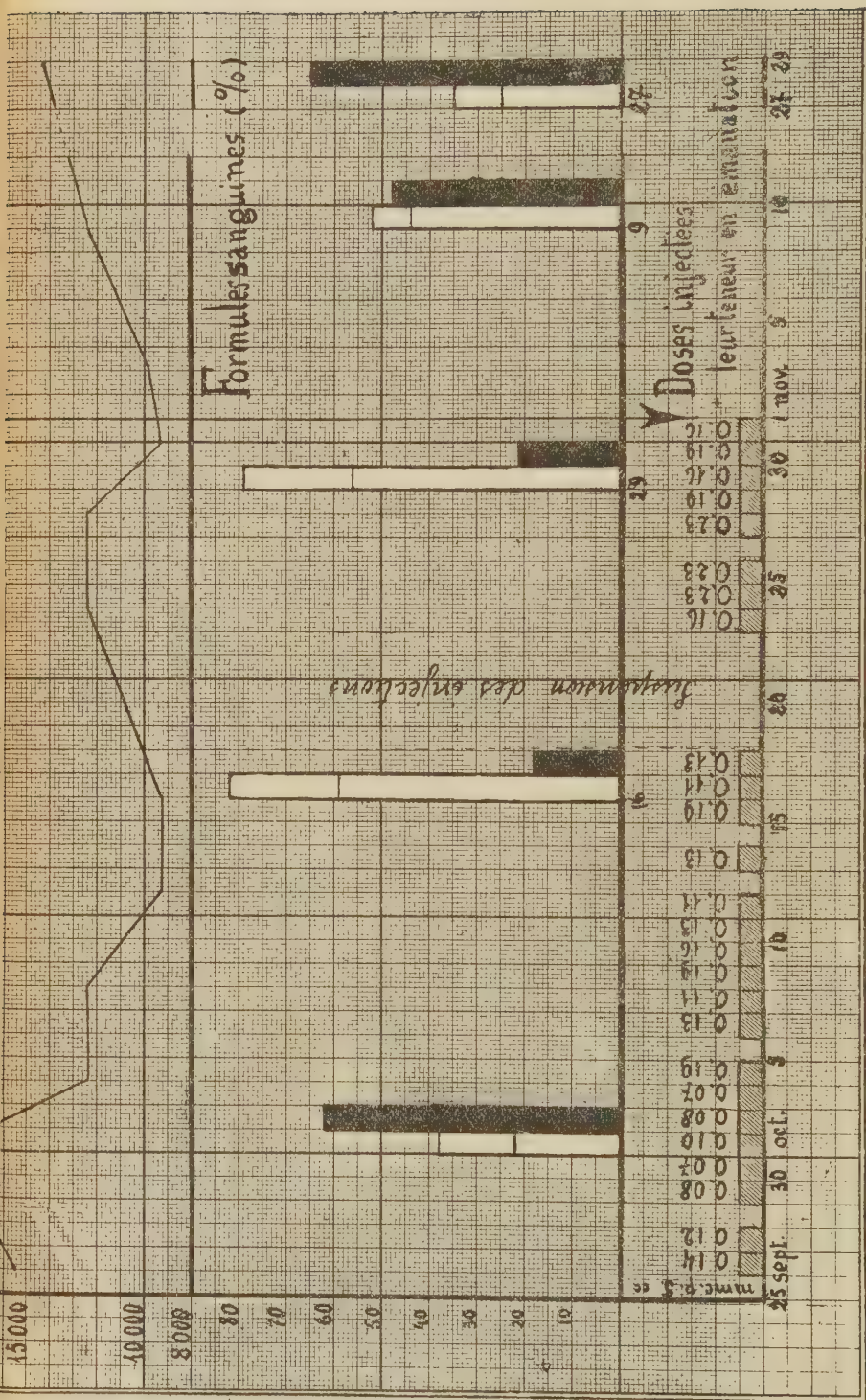
Fin des injections

800
600
400
200
0

800000
700000
600000

20000





Cage 11. — Cobaye N° 22 injecté à l'eau distillée

Dates	Poids	Globules R.	Globules Bl.	Lymphocytes	Mononucléaires	Polynucléaires	Eosinophiles
				%	%	%	%
19 nov.	début des injections.						
20 —	810 gr.	5.890.000	15.500	35	6	50	9
24 —	800						
25 —		6.014.000	12.400				
27 —				39	8	47	6
29 —	795						
3 déc.		6.120.000	12.400				
5 —				32	11	45	12

*Cage 3. — Cobaye N° 19 noir et blanc
Témoin*

Dates	Poids	Globules R.	Globules Bl.	Lymphocytes	Mononucléaires	Polynucléaires	Eosinophiles
				%	%	%	%
26 sept.	890 gr.						
1 oct.	850	5.200.000	12.400	43	9	34	14
6 —		5.183.000	12.400	41	8	44	7
8 —	840						
10 —	820	6.054.000	18.600				
15 —	860						
21 —	860			43	9	37	9
23 —		5.859.000	12.400				
27 —	860						
31 —				40	10	39	11
5 —	890						
9 —	880	5.446.000	15.500				
14 —	880			39	12	34	15

*Cage 11. — Cobaye N° 21 jaune et blanc
injecté à l'eau physiologique*

Dates	Poids	Globules R.	Globules Bl.	Lymphocytes	Mononucléaires	Polynucléaires	Eosinophiles
				%	%	%	%
19 nov.	début des injections.						
20 —	610 gr.	5.704.000	12.400	29	7	55	9
24 —	615						
25 —		5.610.000	14.100				
27 —		5.890.000	12.400	33	2	53	12
28 —	606						
2 déc.		5.940.000	11.600	31	6	55	11

De la comparaison de ces tableaux, nous sommes autorisé à conclure que :

a) L'injection de l'Eau des Romains (eau de 2 à 4 jours) provoque chez le cobaye une hyperglobulie.

b) Les globules blancs subissent, après une augmentation passagère, une légère diminution, ce dernier résultat devant être admis avec les réserves que l'on sait.

c) La formule leucocytaire se trouve modifiée : mononucléose à prédominance lymphocytaire.

De plus, ces constatations n'étant pas observées chez nos animaux traités à l'eau vieille, à l'eau physiologique et à l'eau distillée, il nous paraît infiniment probable que, ce qui agit dans l'eau des Romains, c'est son émanation de radium.

Il est intéressant de rapprocher ces faits de ceux observés par divers auteurs ; dans certains cas, les doses considérables d'émanation administrées d'une façon prolongée créent chez l'homme des modifications de la composition sanguine : hyperglobulie, mononucléose relative avec diminution du nombre absolu des neutrophiles. C'est ainsi que Von Noorden et Falta en font l'observation chez des sujets qui, du fait de leur profession, manipulent de l'émanation depuis longtemps.

Coagulation

Le temps de coagulation du sang soumis à l'influence de l'émanation du radium a déjà fait l'objet de nombreuses études, tant sur l'homme que sur les animaux. Les résultats cependant sont différents suivant les auteurs. Pour ce qui nous concerne, nous pouvons affirmer que chez les cobayes, traités par des injections quotidiennes de 10 cmc. d'eau active, on voit survenir au bout de deux semaines, un retard très appréciable dans le temps de coagulation.

Voici notre technique : sur une lame de verre nettoyée à l'alcool et séchée à la flamme, on dépose une goutte de sang provenant d'une piqûre à l'oreille du cobaye, en inclinant la lame on se rend très facilement compte du moment où la goutte est coagulée, un chronomètre indique le temps de coagulation. Nous donnons ci-après l'observation de quatre cobayes examinés à ce point de vue.

Cage 5

Cobaye N° 16 jaune café au lait

Doses injectées 10 cc. par jour

Période d'injection du 6 au 30 octobre

3 octobre	5'55"
6 —	début des injections.
9 —	4'7"
15 —	4'55"
18 —	8'23"
22 —	7'30"
29 —	6'55"
30 —	fin des injections.
4 novembre	5'25"
9 —	6'12"

Cage 4

Cobaye N° 17 blanc jaune

6 octobre	2'38"
6 —	début des inject. 10 cc. par jour
9 —	3'16"
11 —	4'12"
15 —	4'54"
18 —	4'41"
22 —	6'50"
29 —	7'15"
31 —	fin des injections.
4 novembre	8'5"
9 —	5'20"

Cage 12. — Cobaye N° 1

Doses injectées (voir Tableau I)

Période d'injection du 26 sept. au 30 oct.

25 septembre	4'55"
28 —	début des injections.
11 —	5'
15 —	3'48"
21 —	7'10"
25 —	9'10"
29 —	8'30"
30 —	fin des injections.
4 octobre	5'15"
9 —	6'30"
14 —	5'

Cage 3

Cobaye N° 19 noir et blanc

Témoin

2 octobre	4'30"
15 —	5'5"
22 —	5'
3 novembre	4'30"
9 —	5'40"

Résistance globulaire

L'hyperglobulie marquée de nos animaux injectés nous a donné l'idée de rechercher si la résistance globulaire était modifiée. Dans 19 petits tubes contenant des solutions de Na Cl de 9 p. 1.000 à 0,5 p. 1.000, nous avons réparti le sang de cobaye, récolté par ponction cardiaque. Pour le sang normal, nous avons obtenu l'hémolyse à la dilution de 5 p. 1.000.

Les globules de cobayes injectés n'ont jamais présenté de diminution de résistance. Dans trois cas, celle-ci s'est trouvée augmentée de 0,5 à 1/1.000.

Action cardio-vasculaire

Les injections d'eau des Romains dans la veine d'un lapin n'ont, semble-t-il, aucune action cardio-vasculaire. L'exploration faite sur un lapin femelle de 2 k. 900, ne nous a donné aucun résultat appréciable, même après une injection de 40 cmc. d'eau de 24 heures. Les tracés que l'on obtient ne présentent rien de particulier.

Action sur le rein

Il est d'une observation courante à Sail, que l'ingestion des eaux minérales de cette station provoque une

diurèse abondante. Nous avons voulu nous rendre compte de ce fait, en recueillant sur des cages spéciales l'urine de nos animaux injectés.

Voici les quantités que nous avons recueillies.

Urines de 24 h. recueillies sur 2 cages contenant chacune 2 cobayes

Dates	Cage I 2 cobayes injectés à la dose de 10 cc. d'eau par jour	Cage II 2 cobayes témoins
26 septembre	début des injections	
27 —	90 cc.	82 cc.
29 —	95 cc.	110 cc.
30 —	102 cc.	104 cc.
1 ^{er} octobre	150 cc.	160 cc.
4 —	93 cc.	90 cc.
7 —	115 cc.	85 cc.
8 —	115 cc.	60 cc.
10 —	117 cc.	62 cc.
14 —	87 cc.	62 cc.
16 —	130 cc.	62 cc.
24 —	105 cc.	80 cc.
25 —	160 cc.	90 cc.
	2 cobayes injectés à l'eau active 2 semaines après le début de leur injection.	2 cobayes injectés à l'eau vieille 2 semaines après le début de leur injection.
9 octobre	80 cc.	30 cc.
13 —	82 cc.	50 cc.
17 —	85 cc.	50 cc.
20 —	95 cc.	46 cc.

Urines de 2 lapins de poids égaux à l'alimentation desquels on ajoute journellement à l'un (1) 100 cc. d'eau radioactive, à l'autre, 100 cc. d'eau vieille

Dates	Lapin à l'eau active	Lapin à l'eau vieille
11 novembre	4 cc.	175 cc.
12 —	125 cc.	0 cc.
14 —	115 cc.	165 cc.
15 —	111 cc.	80 cc.
16 —	100 cc.	40 cc.
18 —	200 cc.	180 cc.
19 —	65 cc.	200 cc.
21 —	120 cc.	65 cc.
22 —	120 cc.	100 cc.
23 —	115 cc.	75 cc.
24 —	160 cc.	126 cc.
25 —	120 cc.	110 cc.
26 —	170 cc.	110 cc.

(1) Nous avons tout d'abord essayé d'introduire à l'animal 100 cc. d'eau dans l'estomac par la sonde. Devant les multiples inconvénients de la méthode nous dûmes y renoncer et nous contenter de leur faire avaler l'eau en la mélangeant au son. Cette méthode offre néanmoins très peu de certitude, de nombreuses causes d'erreur interviennent, c'est ainsi que nous expliquons l'irrégularité dans la succession de nos chiffres.

Ce qui nous frappe dans l'ensemble de ces résultats, c'est d'abord le fait que pendant les premiers jours de l'expérience, les animaux injectés urinent moins que les témoins. Ce n'est qu'après une période où le rein paraît sidéré, que semble s'accroître la sécrétion. Cette augmentation de la diurèse persiste jusqu'à la fin de l'expérience.

Etat général

Les pesées régulières de tous nos cobayes nous ont montré qu'ils augmentaient de poids d'une façon très nette, or que les témoins, les injectés à l'eau vieille, n'augmentaient que peu ou pas.

Dans l'espace d'un mois de traitement, ces cobayes avaient dépassé d'une moyenne de 100 à 150 grammes les cobayes injectés à l'eau vieille.

Il faut faire remarquer à ce sujet que tous ces animaux étaient du même âge et du même poids. Nous renvoyons aux tableaux 1, 2 et 3 qui illustrent très nettement ces constatations.

Impressions photographiques

Inspiré par les belles recherches de Bouchard, Curie et Balthazar, de Lacassagne et de M^{me} Lathès, nous avons voulu nous rendre compte si, avec une eau minérale radioactive, on pouvait obtenir l'impression des plaques photographiques. Les résultats que nous avons enregistrés, quoique très inconstants, sont suffisamment nets et démonstratifs pour qu'ils soient relatés ici *in extenso*.

Toutes ces expériences n'ont été possibles que grâce au concours de M. Louis, directeur au Service photographique de l'Université de Lyon qui se chargea entièrement de la partie technique de nos essais.

3 novembre 1924. — Dans la chambre noire, sur plaque Lumière bleue, 24×30 , entourée d'un papier noir, on place verticalement une bouteille d'eau des Romains prélevée le 23 octobre 1924, à 9 heures, et deux cobayes étendus à côté d'elle (cobaye n° 2, cage 12 ; cobaye n° 3, cage 11). Ces derniers avaient été traités pendant un mois par des injections quotidiennes de 10 cmc. Après un repos de deux jours, ils sont sacrifiés et placés sur la plaque. Quarante-huit heures après, au développement de la plaque, on constate, à l'emplacement de la bouteille, un rond noir indiscutable épousant la forme du fond de bouteille. A l'emplacement des cobayes, on pouvait voir des traces légères de réductions argentique, celle-ci néanmoins plus discutable et moins nette.

Lundi 10 novembre. — On place, dans les mêmes conditions, sur trois plaques plus sensibles que les premières, trois ballons contenant :

1^{er} ballon : 215 cc. d'eau prélevée le 9 novembre, à 16 heures.

2^e ballon : 250 cc. de gaz prélevé le 9 novembre, à 13 heures.

3^e ballon : 95 cc. d'eau prélevée le 9 novembre, à 16 heures.

Le mercredi 12, à 14 heures, on développe les plaques ; résultat entièrement négatif. Le même jour, on place sur une autre plaque, deux cobayes, dont un neutre, l'autre traité par des injections quotidiennes de 10 cc. pendant deux semaines. Ces deux cobayes n'impressionnent pas la plaque.

Vendredi 15 novembre, à 10 h. 30, on place sur une plaque Lumière bleue, 24×30 , six bouteilles d'eau minérale.

1^{re} bouteille datant du 11 octobre.

2^e bouteille datant du 16 octobre.

3^e bouteille datant du 20 octobre.

4^e bouteille datant du 23 octobre.

Enfin, un litre de gaz prélevé le 11 et un litre d'eau pure comme bouteille témoin. Après 48 heures, le développement de la plaque ne donne aucune trace appréciable de réduction argentique.

Samedi 29 novembre. — On étend sur une plaque 18×24 bleue Lumière, deux cobayes, dont un témoin ; l'autre a été traité par des injections d'eau des Romains en deux périodes entrecoupées d'un repos d'une semaine. Dans la seconde période (de trois semaines), il reçut 17 injections de 10 cc. d'eau vieille de 24 heures à 48 heures.

Le mardi 2 décembre, à 10 heures, on constate, au développement, une trace des plus nettes sur l'emplacement du cobaye injecté. Cette trace, qui épouse la forme du ventre de l'animal, est constituée par un centre de réduction argentique, entourée de plusieurs zones brunâtres qui s'estompent à la périphérie. A l'emplacement du témoin, nous n'avons aucune trace d'impression.

Mardi 3 décembre. — Sur trois plaques bleues Lumière 18×24 , on réalise l'expérience suivante :

1^{re} plaque : deux bouteilles d'eau, un témoin (eau du robinet), une autre, eau active du 27 novembre. Résultat au développement négatif.

2^e plaque : deux cobayes, un témoin ; l'autre cobaye injecté à l'eau active (19 injections d'eau de 24 et 48 heures pendant trois semaines). Le développement, 48 heures après, ne montre à la place du témoin, aucune trace, à celle du cobaye injecté (emplacement du ventre), on constate une zone nette de réduction argentique.

3^e plaque : deux cobayes, dont un témoin ; l'autre traité dans les mêmes conditions que le précédent. Ce dernier, contrairement au témoin, impressionne la plaque sur une vaste plage (emplacement du ventre).

En résumé, et nous basant sur les affirmations de M. Louis, nous avons obtenu, d'une façon nette, l'impression d'une plaque photographique, une fois avec une bouteille d'eau des Romains, trois fois avec des cobayes traités à de très fortes doses de cette même eau.

Nous pensons cependant qu'il est prématuré de poser des conclusions à ce sujet, ces quelques données appelant une nouvelle vérification et une mise au point.

Toxicité de l'émanation du radium

Il est sans doute téméraire de parler de la toxicité d'une eau radioactive, les recherches de Bouchard, Curie et Balthazar nous ont cependant montré que, comme pour tout autre médicament très actif de notre pharmacopée, il existe des doses toxiques d'émanation du radium. Je ne citerai ici que l'expérience suivante. Ces auteurs placent dans le péritoine d'un cobaye, un sac de collodion contenant du sulfate de baryte radifère (soit 5 à 6 milligrammes de sulfate radium). L'émanation qui s'en dégage sans cesse amène la mort du cobaye dans l'espace de 10 à 15 jours. Les cobayes témoins, dont le sac de collodion contient de la baryte non radifère, survivent. Nous donnons ci-après une de nos expériences qui présente, avec celle-ci, une lointaine analogie.

Quatre cobayes de même poids sont mis en expérience. Deux servent de témoins. Les deux autres sont soumis à une injection hypodermique quotidienne de 10 cc. d'eau des Romains (âgée de 2, 4 jours). Le quatorzième jour, on trouve ces deux animaux morts dans leurs cages. Leur autopsie ne révéla rien d'anormal, pas trace de péritonite, pleurésie, ou pneumonie. Tous les organes semblent normaux, tout au moins au point de vue macroscopique. Les causes de la mort restent introuvables.

Nous avons voulu renouveler cette expérience, ce fut sans succès. Au bout de 10 à 15 jours, les

animaux traités étaient visiblement abattus et malades, mais ce fut tout.

Aussi tenant compte de l'adage latin, *testis unus, testis nullus*, nous nous garderons bien d'en tirer une conclusion quelconque. Nous pensons néanmoins qu'il était intéressant de rapporter ici cette expérience, ne serait-ce que pour montrer la difficulté d'une expérimentation en pareille matière.

Etude histologique

Afin de nous rendre compte des altérations histologiques que pouvaient présenter les organes de nos animaux en expérience, nous en avons sacrifié plusieurs. Leurs organes ont été examinés ; au point de vue histologique par MM. Bernheim et Doubrow. Nous en donnons ici le compte-rendu.

Cobaye n° 14. — Injecté à raison de 5 cc. d'eau active par jour pendant un mois.

POUMONS. — D'une façon générale, les cloisons alvéolaires sont épaissies, les capillaires sont gorgés de sang ; les vaisseaux, surtout artériels, présentent une tunique moyenne puissante, sans lésion d'endo ou de péri-artérite. Les bronches, dont la tunique musculaire est bien développée, ne présentent aucune altération de leur épithélium. Dans un point seulement, on trouve un noyau de tissu pulmonaire dense et hépatisé.

REIN. — Les glomérules, ainsi que les tubes contournés, sont normaux. La bordure en brosse de l'épithélium du segment excréteur est bien conservée. Les capillaires, très dilatés, sont gorgés de sang, par places on découvre quelques petites hémorragies, surtout au niveau des glomérules.

FOIE. — La plupart des cellules hépatiques contiennent de vastes plages claires correspondant vraisemblablement à du glycogène dissous (la recherche du glycogène ne pouvait pas se faire, étant donné le mode de fixation). Il n'y a pas de prolifération du tissu conjonctif périportal.

RATE. — On trouve, dans la région sous-capsulaire, de petites hémorragies. Le stroma, bien développé, présente çà et là des dépôts de pigment ocre. Les corpuscules de Malpighi, très nombreux, sont gros. Leur centre est bourré de cellules sombres. On remarque également une forte proportion d'éosinophiles.

CAPSULES SURRÉNALES. — Rien de particulier.

MOËLLE ÉPIPHYSAIRE. — La coupe d'une épiphyse décalcifiée ne présente aucune particularité.

Somme toute, les lésions que l'on peut observer chez nos animaux sont des lésions congestives diverses, discrètes pour certains organes, plus marquées pour d'autres.

A ce point de vue, c'est le rein qui nous a paru le plus touché. Les coupes histologiques faites sur le rein des animaux injectés à l'eau vieille n'ont présenté aucune des particularités signalées.

Aussi sommes-nous en droit de penser que la radio-activité de l'eau des Romains n'est pas étrangère à ces altérations constatées, ce qui cadre avec les notions expérimentales que nous avons rapporté sur l'action diurétique de ces eaux.

Essai sur l'action anti-anaphylactique des eaux des Romains

Depuis les expériences initiatrices du Professeur Billard, de Clermont-Ferrand, sur l'action dessensibilisante des eaux de Royat dans l'anaphylaxie expérimentale, nombreux sont les auteurs qui expérimentèrent, à ce point de vue, les différentes eaux minérales.

Nos recherches, à ce point de vue, sont plus modestes, et nous ne leur attribuerons qu'une valeur d'indication. Sur un lot de 24 cobayes, nous avons recherché si l'eau radioactive de la Source des Romains possédait un pouvoir modificateur sur les propriétés anaphylactogènes du sérum et de la caséine. Ce lot de cobayes a été divisé en deux groupes : le premier groupe fut sensibilisé à la caséine et au sérum.

Pour déclancher le choc anaphylactique, l'on se servit d'un mélange à parties égales d'antigène et d'eau des Romains de 24 heures. Trois animaux servant de témoins furent déclanchés par les antigènes eux-mêmes. Dans le second groupe, la sensibilisation de nos 12 cobayes fut pratiquée avec le mélange antigène, eau des Romains et déclanchée à l'antigène pur. Voici nos résultats :

Première expérience :

Injection sensibilisante. — Sérum et caséine.

Injection déchainante. — Mélange de ces deux antigènes à l'eau des Romains.

Témoin. — Sérum : mort, 0 ; survie, 3. — Caséine : mort, 3 ; survie, 0.

Mélange. — Sérum : mort, 3 ; survie, 0. — Caséine : mort, 1 ; survie, 2.

Deuxième expérience :

Injection sensibilisante. — Mélange de sérum et de caséine à l'eau des Romains.

Injection déchainante. — Sérum et caséine.

Mélange. — Sérum : mort, 1 ; survie, 5. — Caséine : mort, 6 ; survie, 0.

Comme nous le voyons, il est très difficile de conclure. La seule chose qui nous semble importante à signaler, c'est, dans la première expérience, la survie de deux cobayes « mélange caséine ». On sait, en effet, que le choc à la caséine est des plus constants.

CHAPITRE V

Propriétés thérapeutiques

La Source des Romains, mise en valeur tout récemment, n'a pas encore un passé clinique et thérapeutique suffisamment établi, pour qu'il nous soit permis de fixer les grandes lignes de ses indications et contre-indications.

Cependant la source voisine — Source du Hamel — analogue à la première, mais d'une radioactivité moyenne, possède une tradition thérapeutique qu'il est intéressant de rappeler ici. Renommée pour ses propriétés séculaires contre les « dartres » et, d'une façon générale, contre le « vice dartreux » des anciens auteurs, elle possède une action probablement hors de pair contre les dermatoses inflammatoires et irritables. Au bout de très peu de temps, en effet, sous l'influence des bains prolongés, les eczémateux, qui supportent si mal l'eau, « virent leur prurit, souvent qualifié de « ferox », disparaître ; les surfaces suintantes se dessèchent peu à peu, les vésicules se vident

de leur contenu ; la peau reprend sa souplesse et sa coloration normale. » (Parmentier.)

De plus, l'observation clinique a noté dans la pratique thermale de Sail des propriétés diurétiques et sédatives remarquables des eaux.

Dans la liste des affections traitées à Sail, nous relevons les manifestations les plus diverses de l'arthritisme : obésité, diabète, goutte, asthme, lithiasé rénale et biliaire. Ne sont-ce pas là des indications des stations les plus hautement radioactives ? Utilisées également dans l'artério-sclérose et l'athérome, on avait cru pouvoir les employer dans le traitement du cancer, à cause de leur teneur en silicates ; cette question nécessite des recherches ultérieures. De plus, nous signalons, après Binet et Lœper, leur influence curatrice dans le cas d'ulcère de l'estomac.

A laquelle de leurs propriétés physiques ou chimiques ces eaux doivent-elles leur action bienfaisante ? La réponse est délicate à donner, car, comme le dit M. le Professeur Moureu, « une eau minérale est un tout, un bloc, une drogue très compliquée, une véritable thériaque, impossible à reproduire artificiellement dans son intégrité ».

Cependant, pour l'eau qui nous occupe, sa faible minéralisation, sa teneur en silicates ne suffisent pas pour expliquer son action curatrice séculaire. Aujourd'hui, armés de la notion récente de la radioactivité, il nous semble approcher de la solution.

Les diverses actions de l'eau de Sail, enregistrées antérieurement à la connaissance de leur radioactivité, ne participent-elles pas de celles que l'on accorde généralement à l'émanation du radium ?

Avec M. Piéry, nous résumerons ainsi les actions diverses de cette émanation : :

1° Action antiuricémique indéniable *in vivo* (disparition d'acide urique dans le sang et accroissement considérable des décharges d'acide urique urinaire) ;

2° Action sur le sang (voir Chapitre IV) ;

3° Activation des ferments et action antitoxique ;

4° Action diurétique ;

5° Action vaso-dilatatrice et hypotensive (inconstante) ;

6° Action sédative générale. La sédation exercée par l'émanation sur le système nerveux est un fait bien observé, unanimement signalé, parmi les effets thérapeutique de l'émanothérapie.

Cette énumération nous montre que l'action thérapeutique des eaux de Sail s'explique au mieux par l'intervention de la radioactivité.

Aussi, la haute teneur en émanation du radium de la source des Romains permet de prévoir pour elle des effets identiques, mais considérablement renforcés et susceptibles d'être étendus à d'autres états morbides. Déjà, diverses constatations cliniques ont été faites dans ce sens.

L'établissement thermal de Sail utilise les eaux en boisson, en bains, en douches, en inhalations et pulvérisations nasales, en irrigations intestinales et vaginales (signalons l'existence d'une vaste piscine de 100.000 litres d'eau). Se rendant compte du mode d'action de ses eaux, la station a décidé la création d'un émanatorium. L'émanothérapie, à Sail, est appelée à donner des résultats des plus intéressants.

Conclusions

I. — L'étude de la radioactivité des sources de la station hydro-minérale de Sail-les-Bains permet de les classer en deux grands groupes :

a) Le groupe du Hamel (source Du Hamel, d'Urfé et Maxime) ;

b) Le groupe des Romains (source des Romains, Bellety et Persigny).

Ces deux grands groupes, de composition chimique et de caractères physiques semblables, diffèrent essentiellement l'un de l'autre par le taux de leur radioactivité au griffon.

II. — L'eau de la Source des Romains est caractérisée :

a) Au point de vue chimique : par sa faible minéralisation : 0 gr. 38 de résidu fixe par litre (bicarbonates mixtes, silicates) ;

b) Au point de vue physique : par des constantes voisines de l'eau pure (point cryoscopique, résistivité électrique, tension superficielle, indice de réfraction, densité, P_H), par une radioactivité de 67,09 millimicrocuries par litre d'eau prise au griffon ;

c) Au point de vue bactériologique, par son extrême pureté. Nous n'avons pu constater aucune action bactéricide.

III. — Les gaz de la Source des Romains sont :

a) Des gaz spontanés, formés dans leur presque totalité, d'azote, de gaz rares (ensemble 97,94 %), et d'émanation du radium possédant au griffon une radioactivité de 214,1 millimicrocuries par litre.

b) Des gaz dissous dans l'eau, renfermant en plus des gaz rares et de l'azote (48 %), une proportion importante de CO_2 (40,5 %) et d'O (11,43 %).

IV. — L'injection prolongée de cette eau radioactive nous a montré chez le cobaye principalement :

a) Une action sur le sang, consistant en :

Une augmentation du nombre des globules rouges ; une augmentation transitoire du nombre des globules blancs, suivie de leucopénie légère ; une mononucléose à prédominance lymphocytaire. La coagulation paraît, dans l'ensemble, retardée, et la résistance globulaire n'est pas altérée.

b) Une action sur le rein : diminution passagère de la diurèse, dans les premiers jours du traitement, suivie d'une augmentation importante qui persiste jusqu'à la fin.

c) Une action sur l'état général : augmentation constante du poids.

..d) L'impression d'une plaque photographique a pu être obtenue avec des cobayes traités à de fortes doses d'eau des Romains.

e) L'examen histologique des organes de nos cobayes traités nous a montré principalement des lésions congestives légères.

f) Nos expériences sur l'action antianaphylactique de l'eau des Romains ne nous ont donné que des résultats inconstants en faveur d'une action désanaphylactisante.

V. — L'observation clinique traditionnelle a établi que la source Du Hamel est indiquée dans les affections telles que les dermatoses et l'arthritisme sous ses nombreuses formes. Ses effets trouvent leur meilleure explication dans l'intervention de la radioactivité. La haute teneur en émanation du radium de la source des Romains, source non encore étudiée au point de vue thérapeutique, permet de prévoir pour elle des effets identiques, mais considérablement renforcés et susceptibles d'être étendus à d'autres états morbides.

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE

Vu :

PIC

LE DOYEN,

JEAN LÉPINE.

Vu et permis d'imprimer :

LE RECTEUR, PRÉSIDENT DU CONSEIL DE L'UNIVERSITÉ,
CAVALIER.

Bibliographie (1)

- ANGYAN et VAN DEN VELDEN.— Recherches sur la coagulation du sang chez l'homme. *Biochimie Zeitschrift*, 1912.
- BARANGER. — Eaux thermales de Sail-les-Bains, 1880.
- BOUCHARD (Ch) et V. BALTHAZARD. — Action toxique et localisation de l'émanation du radium. *C. R. Ac. des Sciences*, 1906.
- BOUCHARD (Ch.), CURIE et BALTHAZARD. — Action physiologique de l'émanation du radium. *C. R. Ac. des Sciences*, 1904.
- BARDET (G.). — Notion d'Hydrologie moderne. *Doin et fils*, 1909.
- Modifications apportées dans les propriétés thérapeutiques des eaux par la radioactivité. *III^e Congrès international de Physiothérapie*, 30 mars 1910. *Gazette des Eaux*, 9 avril 1910.
- BRILL et ZEHNER. — Sur l'action des injections de sels solubles de radium sur la formule sanguine. *Berliner Klin. Wochenschrift*, 1912.
- BRESSAND Paul. — Etude sur les Eaux minérales ou réputées comme telles du département de la Loire. *Thèse de Lyon*, 1924.
- CURIE (Mme). — Traité de la Radioactivité, 2 volumes chez *Gauthiers-Villars, Paris*, 1910.

(1) Nous renvoyons à la Bibliographie très complète du Traité de MM. Piéry et Milhaud sur « Les Eaux minérales radioactives ».

- CHÉNEVEAU et LABORDE. — Appareils pour la mesure de la radioactivité, d'après la méthode électroscopique. *Journal de physique*, 1909.
- CURIÉ et LABORDE. — Sur la radioactivité des gaz qui se dégagent des sources thermales. *C. R. Ac. Sciences*, 1904.
- CHAMBERS et RUSS. — Action bactéricide de l'émanation du radium. *Proc. of the Royal soc. of Med.*, 1912 (*section de pathologie*).
- CLUZET, ROCHAIX et KOFMANN. — Action batéricide du radium sur le bacille pyocyanique. (*Réunion biologique de Lyon*, 5 juillet 1920.)
- CLUZET, ROCHAIX et KOFMANN. — Action sur les microbes du rayonnement secondaire des rayons X et du radium. *Journal de physiologie et de pathologie générale*, 16 octobre 1922.
- COURMONT (P.) et NOGIER. — Action des rayons X du radium sur le bacille d'Eberth. *Soc. de Biologie*, 1920.
- DRESCH. — Causerie hydrologique sur la radioactivité. *Presse thermale et climatique*, 15 déc. 1922.
- DE NOBELE. — Action physiologique et thérapeutique de l'émanation du radium. *Archives d'Electricité médicale*, 10 janvier 1912.
- DUCLOS. — Observations sur les Eaux minérales de plusieurs provinces de France, Paris 1675.
- DE LA PRADE (Richard). — Analyse et vertus des eaux minérales du Forez, Lyon 1778.
- DE PERSIGNY (Fialin). — Sail-les-Châteaumorand. *Illustration* du 5 juin 1847.
- FALTA. — Les substances radioactives en médecine interne, 1918. 1 vol. 220 p., Vienne.
- GUDZENT (F.) et HUGELF. — Sur l'action des grosses doses d'émanation sur la formule sanguine. *Radium in biol. und Heilkunde*, 1913.
- GRIN. — L'émanation du Radium comme diurétique. *Münchn. Med. Wochen*, 1911.
- GRAS (L.-G.). — Histoire des eaux minérales du Forez, St-Etienne, 1923.
- HENRY et MAYER. — Action des radiations du radium sur les globules rouges. *C. R. Soc. Biologie*, 1903.

- JANSEN. — Recherches sur l'action bactéricide de l'émanation du radium. *Zeitschrift f. Hgg. u. Infektionskrankheiten*, 1910.
- A. KOTZAREFF. — Photographie des organes par l'émanation du radium ou radiumgraphie. *Journal de Radiologie et Electrologie*, 1922, T. VI.
- Radiumgraphie et curiegraphie. *Revue médicale de la Suisse romande*, mars 1922, n° 3.
- KALMANN (A.-J.). — Action sur les cultures bactériennes de la radioactivité des eaux thermales. *Wien Klin. Wochenschr.*, 1905, 1^{er} juin, p. 565-567.
- KLINEBERGER et WALTER CARL. — Die Blutmorphologie der Laboratoriumstiere. *Leipzig Verlag von Ambrosius Barth*.
- LACASSAGNE (A.) et LATHÈS. — *C. R. Soc. Biologie*, 1924, n° 5, p. 352.
- LA MURE. — Histoire du pays du Forez.
- LABORDE. — Radioactivité des eaux minérales. *Le Radium*, 1924.
- LAZARUS. — Radioactivité des eaux minérales. *Radium in Biol.*, 1912.
- LÉVY. — Sur les modifications des globules blancs après injections de doses thérapeutiques de sels solubles de radium. *Radium in biolog. u Heilkunde*, 1912.
- LEPAPE (A.). — Les données numériques actuelles sur la radioactivité des sources thermales françaises. *Annales de l'Institut d'Hydrologie et de Climatologie*, Tome II, n° 1, janvier-mars 1924.
- LEROUGE. — Emanothérapie et cures thermales. *Thèse de Lyon*, 1919-1920.
- LÖPER et BINET. — Les indications des cures hydro-minérales dans l'ulcus de l'estomac. *Progrès médical*, 1924.
- LOWY. — Recherches sur l'action de l'émanation sur le système vasculaire. *Berl. Klin. Woch.*, 1912.
- MERLE DESLISLE. — Notice sur les eaux minéro-thermales de Sail-les-Châteaumorand.
- NIELS TEILING. — La cure thermale de Sail-les-Bains dans le traitement des dermatoses irritables et particulièrement de l'eczéma. *Thèse Paris*, 1922.

- NOGIER (Th.). — Sur la radioactivité des eaux de Sail-les-Bains. *Soc. Nationale de Méd. de Lyon*, 11 janvier 1922. *Presse therm. et climat.*, 30 juillet 1922.
- NOGIER (Th.). — Sur la radioactivité des eaux de Sail-les-Bains. *Lyon Méd.*, n° 10, 25 mai 1922.
- La plus radioactive des eaux thermales françaises. *Communication à la Société Nationale de Médecine de Lyon*, 28 mai 1924.
- NOORDEN (C.) et W. FALTA. — Observations cliniques sur l'action physiologique et thérapeutique des grosses doses d'émanation. *Med. Klin.* 1911.
- PEANQUE. — Bibliothèque choisie de Médecine. T. IV, 1753.
- PARMENTIER. — Sail-les-Bains. *Marseille médicale*, 1^{er} juin, 1919.
- Spécialisation des eaux de Sail-les-Bains. *C. R. du Congrès d'Hydrologie et de Géologie Hydro-minéral*, Monaco, 1920.
- PERRIN et JALOUSTRE. — La thérapeutique radioactive. *Courrier médical*, 15 janvier 1922.
- PIÉRY et MILHAUD. — Les eaux minérales radioactives, Paris, 1924.
- Le cycle évolutif des éléments radio-actifs dans l'organisme. *Gazette des Hôpitaux*, n° 44, 2 juin 1923.
- PIÉRY. — Les cures hydro-minérales radioactives. *Journal de Médecine de Lyon*, 1921.
- RAULIN. — Traité analytique des eaux minérales en général, de leurs propriétés, etc..., Paris 1772.
- RAMSAUER et HOLTHUZEN. — Sur la fixation de l'émanation du radium par le sang. *Sitz Ber. d. Heidelberger Akademie der Wiss. Med. Klin.*, 1913.
- REBATTU et RICHARD. — Modifications hémoleucocytaires de l'émanation du radium. *Journal médical français*, 15 juin 1913.
- REURE. — Les origines et l'histoire de l'établissement thermal de Sail-les-Chateaufort jusqu'à la restauration, dans *Forez pittoresque* XI, 1904.
- VAN DER VELDEN. — Action de l'émanation du radium sur le sang. *Deutsche Archiv f. Klin. Med.*, 1912.

TABLE DES MATIERES

Avant-propos	9
Introduction.	15
Chapitre I ^{er} . — Sail-les-Bains, son histoire, ses sources	19
Chapitre II. — La source des Romains. Pro- priétés physico-chimiques de ses eaux et de ses gaz	25
Chapitre III. — Etude bactériologique.	45
Chapitre IV. — Etude expérimentale	51
Chapitre V. — Propriétés thérapeutiques	79
Conclusions.	83
Bibliographie	87
